



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA.**

**Análisis de los índices energéticos para reducir el consumo energético en la Planta  
Olmos de Complejo Agroindustrial Beta S.A**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista.**

**AUTOR:**

**Br. Efraín Cabrera Valdivia (ORCID: 0000-0003-0816-9663)**

**ASESOR:**

**Dr. Aníbal Jesús Salazar Mendoza (ORCID: 0000-0003-4412-8789).**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos**

**CHICLAYO – PERU**

**2019**

## **Dedicatoria**

Dedico la presente investigación a mis padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y sobre todo consejos para saber enfrentar los diferentes escenarios en las diferentes etapas de mi vida. A mis compañeros de estudio, profesores y amistades, quienes aportaron mucho de su ayuda para lograr la finalización de esta tesis.

Efrain Cabrera Valdivia

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad César Vallejo, a su excelente equipo de docentes y personal administrativo por el apoyo brindado y guiarme en el ámbito académico, logrando con ello subir un peldaño más en cumplimiento de mis metas y deseos de desarrollo personal y profesional.

Efrain Cabrera Valdivia

## **Página del Jurado**

## **Declaratoria de Autenticidad**

Yo, EFRAIN CABRERA VALDIVIA, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 71248592 con el trabajo de investigación titulado:

**ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES ENERGÉTICOS PARA REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA PLANTA OLMOS DE COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A**

**Declaro bajo juramento que:**

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 14 de septiembre del 2020



---

EFRAIN CABRERA VALDIVIA  
DNI: 71248592

# Índice

|  |      |
|--|------|
| Dedicatoria.....   | ii   |
| Agradecimiento .....   | iii  |
| Página del Jurado.....   | iv   |
| Declaratoria de Autenticidad .....   | v    |
| Índice de tablas .....   | viii |
| Índice de figuras .....  | ix   |
| Resumen .....  | x    |
| Abstract.....  | xi   |
| I. Introducción.....   | 1    |
| 1.1 Realidad problemática .....  | 1    |
| 1.2 Trabajos previos.....  | 5    |
| 1.3 Teorías relacionadas.....  | 7    |
| 1.4 Formulación del problema .....   | 30   |
| 1.5 Justificación del estudio.....   | 30   |
| 1.6 Hipótesis. ....  | 30   |
| 1.7 Objetivos. ....  | 31   |
| II. Método.....  | 32   |
| 2.1. Diseño de investigación. ....   | 32   |
| 2.2. Variables, operacionalización. ....   | 32   |
| 2.3. Población y muestra del estudio. ....   | 34   |
| 2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. .... | 34   |
| 2.5. Métodos de Análisis de Datos.....   | 35   |
| 2.6. Aspectos Éticos.....  | 35   |
| III. Resultados.....   | 36   |

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Realizar una auditoría energética a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A y calcular la potencia instalada y el diagrama de carga diaria. . | 36 |
| 3.1. Calcular los consumos energéticos de la planta de olmos de la empresa complejo agroindustrial beta S.A. y establecer los indicadores energéticos. ....                  | 40 |
| 3.2. Proponer un plan de mejora energética que incluya el monitoreo de los indicadores energéticos en la planta olmos de la empresa complejo agroindustrial beta s.a.        | 46 |
| 3.3. Evaluar la viabilidad del plan de mejora energética atreves de los indicadores económico – financieros VAN y TIR. ....  | 47 |
| IV. Discusión .....  | 50 |
| V. Conclusiones.....   | 52 |
| VI. Recomendaciones .....  | 53 |
| Referencias .....  | 54 |
| Anexos .....   | 56 |
| Acta de aprobación de originalidad de tesis .....  | 56 |
| Reporte de Turnitin.....   | 57 |
| Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV .....  | 58 |
| Autorización de la versión final del trabajo de investigación .....  | 59 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Desarrollo de nivel macro y micro de índices .....  | 12 |
| Tabla 2 Consumo eléctrico por sector .....   | 20 |
| Tabla 3. Umbral NEMA Eficiencias nominales de carga completa para motores energéticamente eficientes.....    | 26 |
| Tabla 4. Categorías por pérdida de motor .....   | 28 |
| Tabla 5. Distribuciones típicas de pérdidas de motor, % (recinto a prueba de goteo abierto de 1800 RPM)..... | 28 |
| Tabla 6. Operacionalización de las Variables. ....   | 33 |
| Tabla 7. Especificaciones técnicas de motores eléctricos .....   | 36 |
| Tabla 8. Sumario de cumplimiento según en50160 .....   | 39 |
| Tabla 9. Datos de suministro eléctrico complejo agroindustrial beta s.a. ....                                | 41 |
| Tabla 10. Análisis de elementos de costos de la tarifa eléctrica - suministro 50100047 – Coelvisac .....     | 42 |
| Tabla 11. Diagrama de carga trabajando a plena carga en temporada. ....                                      | 43 |
| Tabla 12. Rendimientos del arándano .....  | 44 |
| Tabla 13: Rendimientos del tánguelo .....  | 44 |
| Tabla 14. Rendimientos de la uva. ....   | 45 |
| Tabla 15. Rendimientos de la palta. ....   | 45 |
| Tabla 16. Resumen de rendimientos.....   | 45 |
| Tabla 17. Indicador de medición. ....  | 46 |
| Tabla 18. Tarifa MT3 .....   | 46 |
| Tabla 19. Tarifa MT2. ....   | 47 |
| Tabla 20. Optimización de eficiencia energética.....   | 48 |
| Tabla 21. Ingresos/egresos. ....   | 49 |
| Tabla 22. Valores de VAN y TIR.....  | 49 |



## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Disminución del costo por consumo eléctrico .....   | 2  |
| Figura 2: N° de certificaciones ISO 50001 en el mundo, mayo 2014. ....                                | 3  |
| Figura 3. Montos facturados en la Planta de Olmos de la Empresa Agroindustria Beta S.A<br>– 2018..... | 4  |
| Figura 4: Diagrama de carga y duración. ....  | 8  |
| Figura 5: Cadena de valor de la electricidad. ....  | 9  |
| Figura 6: Estrategias para la eficiencia energética .....   | 11 |
| Figura 7: Estructura general de un dispositivo vibrador.....  | 17 |
| Figura 8: Consumo mundial proyectado de electricidad del sistema de motor eléctrico ....              | 22 |
| Figura 9: Determinación y comparación de eficiencias motoras .....                                    | 29 |
| Figura 10: Diagrama de carga actual .....   | 40 |

## **Resumen**

El presente trabajo se concentrará en analizar los indicadores energéticos para disminuir el consumo energético de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A, partiendo de una auditoria energética, potencia instalada y el diagrama de carga diaria.

Para ello se determinó y midió los parámetros de vital importancia que tienen los equipos en la empresa Agroindustrial BETA SA tales como el tiempo de funcionamiento (horas), sistemas de luz artificial, sistemas de consumo de energía en áreas complementarias, y la producción en un periodo determinado según sus productos, además de una revisión documental para indagar cuales son las normativas que rigen y determinan la eficiencia de la energía, información técnica y equipos en condición estandarizados para analizar las variables en estudio que son los indicadores energéticos en la empresa agroindustrial.

Se realizó una auditoría energética a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A para lo cual se determinó que se registran varios eventos de tensión y 13 cambios de tensión rápidos, Factor de potencia inductivo presenta un valor promedio de 0.798, La distorsión armónica total de tensión (%THDU) es de máximo 8.0%, con mayor presencia de la 11 y 13 armónica teniendo como Potencia Instalada un valor que asciende a 870 KW.

**Palabras clave:** Agroindustrial BETA S.A., auditoría energética, consumo energético.

## **Abstract**

This work will focus on analyzing the energy indicators to reduce the energy consumption of the company Complejo Agroindustrial BETA S.A, based on an energy audit, installed power and the daily load diagram.

To do this, the vital parameters of the equipment in the Agroindustrial BETA SA company were determined and measured, such as operating time (hours), artificial light systems, energy consumption systems in complementary areas, and production in a period determined according to their products, in addition to a documentary review to find out what are the regulations that govern and determine energy efficiency, technical information and equipment in standardized condition to analyze the variables under study that are energy indicators in the agro-industrial company.

An energy audit was carried out at the Olmos Plant of the company Complejo Agroindustrial BETA SA, for which it was determined that several voltage events and 13 rapid voltage changes are recorded, Inductive power factor presents an average value of 0.798, Harmonic distortion total voltage (% THDU) is a maximum of 8.0%, with a greater presence of the 11th and 13th harmonic, having as Installed Power a value that amounts to 870 KW.

**Keywords:** Agroindustrial BETA S.A., energy audit, energy consumption.

## **I. Introducción**

### **1.1 Realidad problemática**

Para mitigar el cambio climático, se está buscando la mejora en las tecnologías para producir, distribuir y consumir energía. La energía se ha vuelto indispensable en los costos de producción en las industrias, por eso, se busca enfatizar los estudios de eficiencia energética. (Eficiencia energética, 2017 pág. 82)

#### **a). Nivel internacional**

Colombina tiene 16420 MW de capacidad instalada, el 67% de la energía es producido por las hidrocentrales. La generación de energía es variable, esto depende tanto de la fuente primaria, como de las tecnologías utilizadas, el consumo de servicios auxiliares varía desde el 0,2% hasta el 2,23%, para las hidroeléctricas el consumo es del 0,32%. (Eficiencia energética, 2017 págs. 83,84)

Así mismo en la planta central de San Carlos se determinó mediante un estudio que tiene 1240MW instalados, evidenciando que esta central es capaz de generar 892,8GW/h mensual, trabajando con el factor de planta ideal del 100%, en cuanto a sus servicios auxiliares se calcula que debe tener 3,968 MW aproximadamente como potencia instalada, y en cuanto al proceso de generación 2,856GW/h mensual (Eficiencia energética, 2017 pág. 84).

La Cumbre Mundial para el Desarrollo Sostenible (CMDS) se realizó en la ciudad de Johannesburgo, en el año 2002, luego de 10 años de haberse celebrado la Cumbre de la Tierra de Río. La comunidad internacional ha evaluado esto por primera vez. Al final de la Cumbre Mundial, se adoptó un plan de acción y la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible. El cual se habló del tema de las "energías renovables" que sigue siendo un gran debate. Porque la demanda de energía de la población mundial en crecimiento exponencial siempre creciendo constantemente, es muy importante en términos de energía, medio ambiente y política climática expandir las energías renovables y reducir el consumo de energía. Aquí se determina dentro de la meta que debe realizarse un ahorro de energía del 20 por ciento en comparación con el desarrollo de la tendencia. Mientras tanto, una gran cantidad de investigaciones y estudios han dado a conocer que las reservas de gas natural y petróleo solo son suficientes durante unos 50 años. Las razones de

esto son el fuerte crecimiento de la población, así como el mayor volumen de transporte. La creciente demanda de energía también contribuye a esto. La demanda es particularmente alta en Rusia, China e India. China e India han aumentado seis veces su consumo de energía desde 1980, y se duplicará nuevamente para 2030. Aquí, también, todavía se está en el proceso constante de implementación de energías renovables en aumento. (Análisis de indicadores de desempeño energético del Ecuador, 2017)

En España, es común la realización de auditorías energéticas, puesto que antes, los habitantes no le daban mayor importancia debido al bajo consumo energético, a causa de un buen clima. Al incrementar los precios en las facturas eléctricas, y de gas, y con el aumento del cambio climático, las auditorías energéticas tomaron mayor relevancia, puesto que con esto se logró reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. (Martínez , 2018)

#### **b). Nivel nacional.**

En el Perú, la energía que se usa para la producción de algún bien o servicio ha ido en aumento, gracias al consumo que se genera mediante múltiples sectores industriales como: la manufactura, el acero, el papel, el cemento y el proceso de construcción, etc. por lo tanto, se propone que reducir el consumo de energía eléctrica conllevaría a la disminución de un consumo energético y aumentar la productividad beneficiando de manera directa a la empresa y sus demás conexas, cuyos beneficios son una mejor eficiencia energética, ahorro de dinero, mejor competitividad, y cuidado del medio ambiente mediante la reducción de la huella ecológica (SUDESCO, 2015).

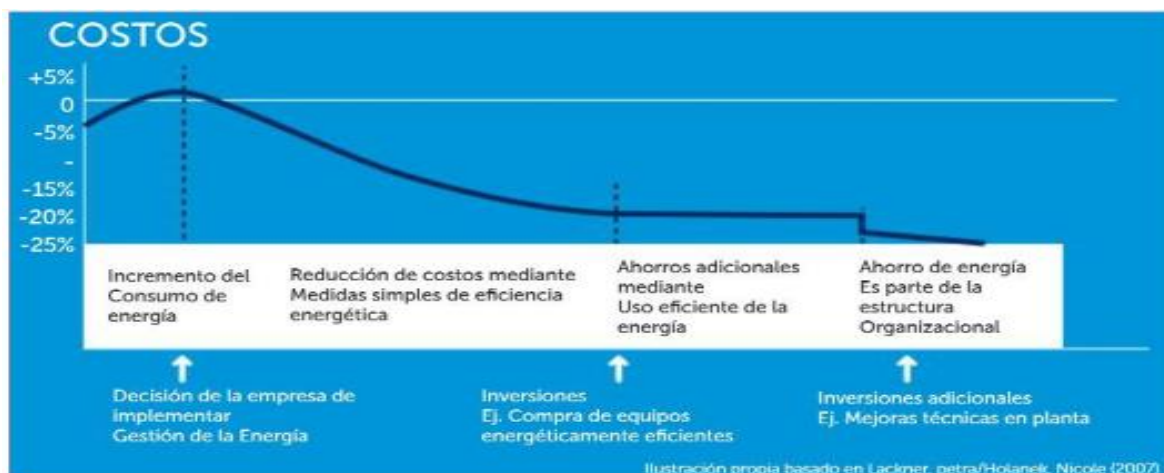


Figura 1: Disminución del costo por consumo eléctrico  
Fuente: SUDESCO, (2015)



Figura 2: N° de certificaciones ISO 50001 en el mundo, mayo 2014.

Fuente: SUDESCO, (2015)

Desde 1973, en el Perú se ha ido desarrollando programas para mejorar la eficiencia energética. El país optó por desarrollar campañas de ahorro de combustible, restringiendo la circulación vehicular mediante la utilización de calcomanías de distintos colores. El MINEM en 1985, en conjunto con otras organizaciones empresariales privadas han promovido la creación de un Centro de Conservación Energética y del Ambiente por sus siglas CENERGI, la que ha sido una institución civil sin ningún fin lucrativo. En esta entidad se buscó realizar diversos estudios para diferentes sectores en el consumo de energía, sin embargo, los subsidios al precio de la energía de los años 90s, impidieron el desarrollo de la institución (Ministerio de Energía y Minas, 2019).

El Proyecto Ahorro de Energía (PAE), creado en el año 1994, se desarrolla mediante la dependencia del MINEM, con el objeto de disminuir el potencial déficit de los 100MW por la falta de la disposición de reservas que ofrece el SICN (Sistema Interconectado Centro Norte), posterior a la fecha, el PAE desarrolló en el año 1998 un programa para emergencias en donde se disponía de un ahorro de energía, que combatiera este déficit, obtenido de la oferta generada del Sistema Interconectado Sur (SIS) gracias a su potencia de salida de 100MW que lo generaba la central Machu Picchu, la que fue inundada por el fenómeno el niño. (Ministerio de Energía y Minas, 2019)

### c). Nivel local.

El COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A., es una empresa peruana, que se dedica al rubro agrícola-industrial, la cual posee terrenos agrícolas y plantas de proceso que están ubicados en las regiones de Lambayeque, Ica y Piura. Esta empresa utiliza el proceso productivo que va desde la producción de cultivos agrícolas, empaque y exportación de frutos como espárrago, uva, palta, tangelo, mandarina y arándano.

En la Región Lambayeque - sede Planta Olmos procesamos arándano los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre, abasteciendo tanto al mercado local como del exterior.

En la actualidad la Beta - Planta Olmos se observan consumos eléctricos muy elevados al haber realizado una evaluación detallada de sus procesos, dando la oportunidad de mejorar la problemática encontrada. En donde se realizará distintos tipos de análisis de escenarios de operación y se buscará calcular el porcentaje de participación que tiene en el proceso. Según los resultados, una vez que se conozca la máxima demanda se realizará una comparación con la capacidad instalada que de esa forma determinará el porcentaje de carga consumida, para finalmente plantear la posible alternativa de solución en el escenario planteado.

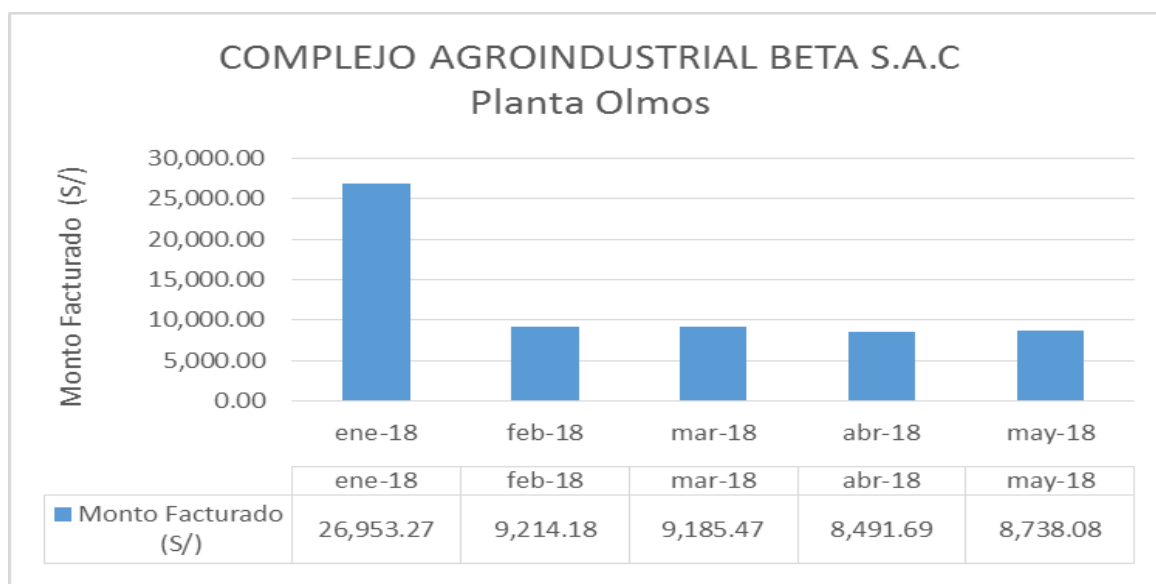


Figura 3. Montos facturados en la Planta de Olmos de la Empresa Agroindustria Beta S.A – 2018.

Fuente: Elaboración Propia.

## **1.2 Trabajos previos**

### **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA DENTRO DE LAS INSTALACIONES DE LA EMBUTIDORA LA MADRILEÑA PARA PROPONER UNA GESTIÓN ENERGÉTICA BASADA EN ISO 50001**

La empresa “Embutidos La Madrileña”. Se dedica desde 1995 a la elaboración de productos cárnicos, con altos estándares tanto de calidad como de higiene. En ella trabajan alrededor de 60 personas tanto en planta como en sucursal de ventas. La planta no tiene registro de haber pasado por una auditoría energética, y por eso se planteó realizar dicha auditoría para conocer y evaluar la eficiencia y la calidad energética que posee la industria, con ello, identificar problemas existentes en los sistemas, y así buscar la mejora óptima para un mejor desempeño energético (Monga Sánchez, 2018)

### **UN ENFOQUE PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS FÁBRICAS PROPORCIONANDO MEDIDAS ADECUADAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

La eficiencia energética se ha convertido en un objetivo importante para las empresas industriales. Sin embargo, la necesidad de enfoques sistemáticos aún está presente y tiene el objeto de reducir el índice de consumo de energía eléctrica en las grandes fábricas mediante métodos existentes centrados en optimizar el proceso de la fabricación. También se basa en el análisis numérico que detalla el proceso necesitando grandes esfuerzos en la fase de recolección de datos. Por lo tanto, se desarrolló un enfoque para reducir el consumo de energía al proporcionar medidas de eficiencia energética a los participantes en la planificación de la fábrica para superar estas barreras. (Krones & Müller, 2017).

### **EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE FABRICACIÓN: EVALUACIÓN, ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN**

Las instalaciones de fabricación son uno de los mayores consumidores de energía. Existe un gran esfuerzo para aumentar la eficiencia del uso de la energía en los procesos de fabricación industrial, y muchos gerentes industriales buscan lograrlo evaluando el uso final de esta, entre los ejemplos más representativos están: la iluminación, el sistema de calefacción, los aires acondicionados, la ventilación mecánica, grandes máquinas de procesamiento, etc. en las que buscan medidas que ayuden a la reducción del consumo eléctrico. En los Estados Unidos se ha desarrollado durante más de 40 años muchas



opciones para la mejora en la eficiencia eléctrica en plantas industriales, implementando sistemas de iluminación, calderas, sistemas de calefacción, aires comprimidos, etc. demostrando que el hecho de implementar dichas recomendaciones de evaluación, mejoran la eficiencia y reduce considerablemente el consumo eléctrico (Moynihan y Barringer, 2017).

## **SISTEMAS DE ÍNDICE DE GESTIÓN Y MODELO DE DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CENTRALES ELÉCTRICAS: CASOS EN CHINA**

En los últimos años, la eficiencia energética de la central térmica contribuye en gran medida a la de la industria. Entre los factores influyentes que se tiene como el establecimiento de modelos de diagnóstico integral, desempeña un importante papel en la gestión energética mejorando la eficiencia en la operación de las centrales térmicas. Para testificar la racionalidad y la usabilidad del MDL, se han realizado estudios de caso de centrales térmicas chinas a gran escala. Este método muestra factores de índole cualitativa y muestra resultados los cuales al ser comparados con los modelos convencionales, la cual solo se considera algunos parámetros en la ejecución, el CDM se adapta mucho mejor a la realidad, y proporciona mejores instrumentos para diagnosticar la eficiencia energética (Jing & Xiao, 2017).

## **OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL CENTRO ESCOLAR JESÚS-MARÍA VILAFRANQUEZA**

Se realizará una optimización del consumo energético de una institución educativa, mediante un análisis de a través de las facturas, instalaciones eléctricas y horarios de consumo. Estos estudios de caso llenan un vacío importante al estimar la distribución de la eficiencia utilizando datos detallados, específicos del sector y a nivel de planta. Permitiendo una estimación para crear puntos referenciados a plantas con eficiencia energética, en industrias que usan el cuartil superior (Martínez Lloret, 2017).

## **PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE ENERGÍA CON BASE EN LA ISO 50001 Y LA RELACIÓN DE COSTOS 2018**

El taller Electric Service Corporation está ubicado en Cajamarca. Esta empresa está dedicada a recuperar y reparar materiales para aumentar la vida útil de las estructuras de

metal. Se tiene previsto la entrega de un diseño de sistema de gestión energética basado en la norma ISO 50 001. Se pretende reducir los costos energéticos, haciendo un diagnóstico preliminar, mediante la revisión de las facturas eléctricas, recorrido de las instalaciones, revisión de mediciones, evaluación de riesgos, identificación de oportunidades de mejora, evaluación tecno-económica, informe consolidado, conste detallado de instalación y retorno de inversión, con los cual se pretende financiar e implementar las mejoras. Mediante la implementación de este plan de gestión energética, se pretende reducir el uso de la energía y empezar a laborar de una manera más eficientes, para lo cual se presentarán reducción en costo del taller, pero sin afectar la productividad, de igual manera mejorar la relación de calidad y seguridad del sistema energético, teniendo en cuenta todas las mejoras implementadas en el sistema. Un diseño de gestión energética es de suma importancia, para la cual se evaluará las áreas involucradas, equipos y actividades que consuman mayor cantidad de energía, logrando así una mejora en el taller. ( Paredes Sánchez , 2018)

### **1.3 Teorías relacionadas**

#### **a) Electricidad.**

Es el término genérico físico para todos los fenómenos que tienen su causa en una carga eléctrica estática o en movimiento. Esto incluye muchos fenómenos conocidos de la vida cotidiana, como los rayos o la fuerza del magnetismo (Osinermin, 2016). El concepto de electricidad no está estrictamente delimitado en la ciencia, pero ciertas propiedades se consideran el área central de la electricidad:

- La carga eléctrica. Son ciertas partículas atómicas con propiedades como electrones que están cargados negativamente y los positivos que son los protones, cuya característica es que las cargas con el mismo nombre se repelen entre ellas y las cargas opuestas se atraen.
- La corriente eléctrica. Es el movimiento de portadores con carga eléctrica medida en amperios y es el causante del campo magnético.
- El campo eléctrico describe las variables de estado de la habitación causadas por cargas eléctricas, que se denominan intensidad de campo eléctrico y potencial

eléctrico. El voltaje eléctrico definido como la diferencia de potencial generalmente se mide en voltios.

Los procesos en los que no hay cambio en el tiempo o no hay un cambio significativo en el tiempo se asignan a la electrostática. Los procesos en los que el cambio en el tiempo tiene una influencia significativa se cuentan como electrodinámica.

### b) Demanda Eléctrica.

Es el registro del comportamiento de la energía eléctrica durante un determinado tiempo, en el gráfico, la denominada curva o diagrama de carga, permite identificar los intervalos de alto o bajo consumo, los cuales se generan en los momentos de hora punta y fuera de ello (Osinermin, 2016).

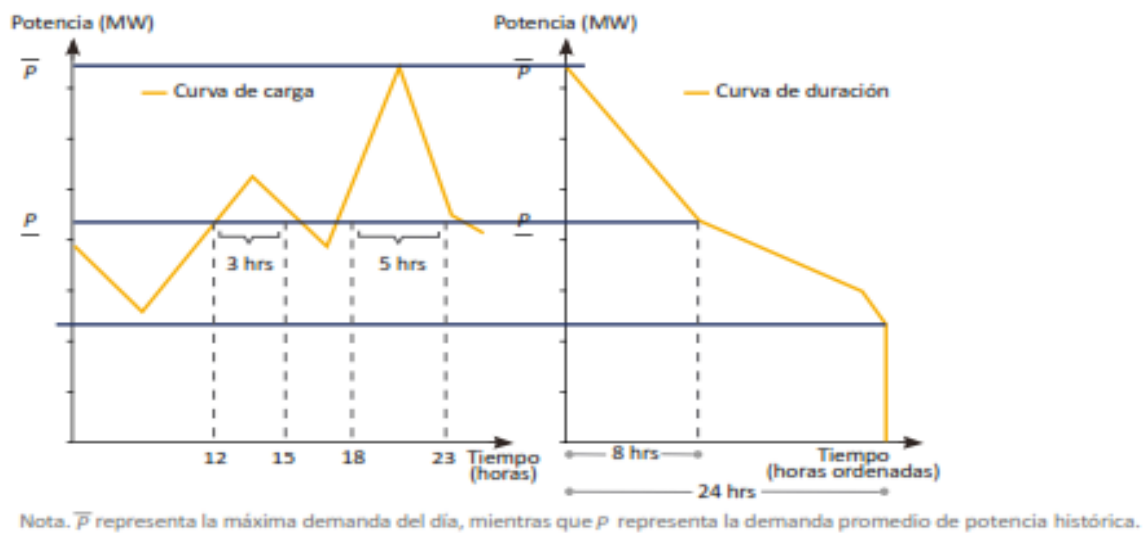


Figura 4: Diagrama de carga y duración.  
Fuente: GPAE – Osinermin.

### c) Oferta Eléctrica.

Cuando un usuario conecta una carga eléctrica, empieza una serie de actividades que van desde la generación, pasando por la transmisión, la distribución y al final, llega a una población con el propósito comercial. Su función es generar la energía primaria en eléctrica. (Osinermin, 2016)

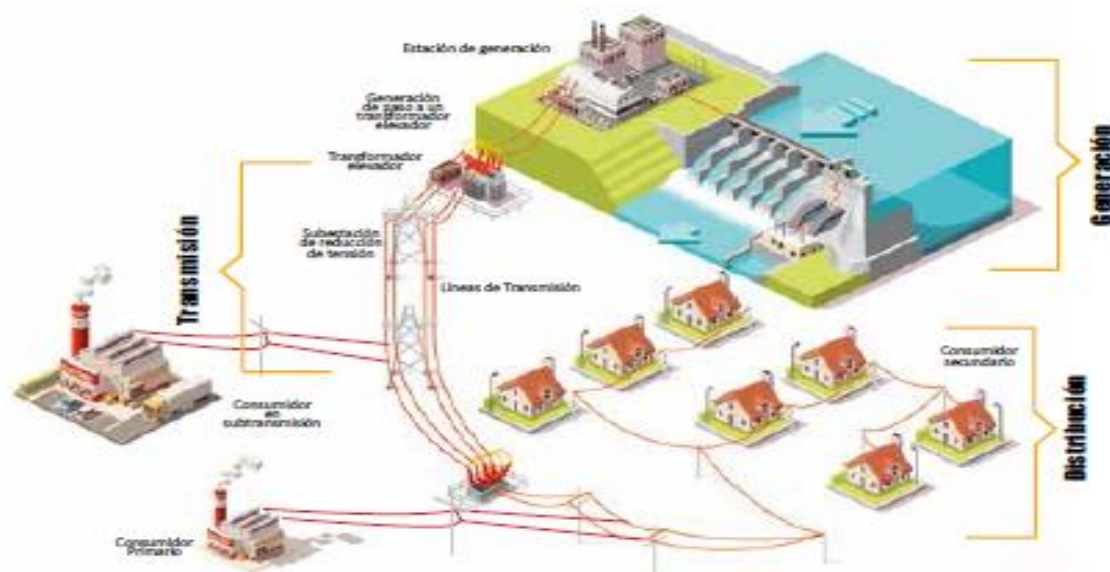


Figura 5: Cadena de valor de la electricidad.  
Fuente: GPAE – OSINERMINING

#### d) Eficiencia Energética

La eficiencia energética generalmente describe la relación de un cierto beneficio, por ejemplo, la provisión de luz o calor, con su uso de energía. Cuanta menos energía se tenga que usar, más eficiente será un producto o servicio (Oykos, 2012).

En relación con la transición energética, la eficiencia energética no es el único factor decisivo, sino una reducción en nuestros requerimientos absolutos de energía. Esto también es una contribución a la protección del medio ambiente, porque durante la conversión y el uso de la energía, especialmente de los combustibles fósiles, siempre surgen contaminantes, el aire, clima, Agua y suelo.

La eficiencia energética es una medida que muestra la relación entre el gasto energético y el rendimiento. Si un menor aporte de energía logra un rendimiento equivalente o superior en las mismas condiciones marco, entonces esto se considera eficiente en energía. En el campo de la tecnología de la construcción, este término a menudo aparece en relación con la modernización de los sistemas de calefacción. La eficiencia energética es muy alta aquí, por ejemplo, si la planta incluye energías renovables (Castellón, 2008).

#### ¿Cómo se evalúa la Eficiencia Energética?

Estableciendo indicadores los cuales depende de la actividad que se desea evaluar, para poder controlarlos y compararlos, ejemplificando un horno eléctrico para secar madera, podemos saber cuántos kWh por pie<sup>2</sup> se utilizó. Con esto se puede definir los indicadores

en kWh/kg, kWh/caja, kWh/saco, de acuerdo al proceso de producción, para su posterior evaluación. Al realizar esto, se puede afirmar que, si el indicador incrementa, la eficiencia energética del sistema disminuye. (TECSUP, 2016)

Un ejemplo que se podría comprar sería:

El consumo de una lámpara incandescente con una potencia de 100W y otra ahorradora con una potencia de 20W, en la que se determina claramente que las dos producen luz similar pero la lámpara ahorradora consume 5 veces menos energía.

Para lograr la mejor eficiencia energética, se trabajan con las siguientes estrategias:

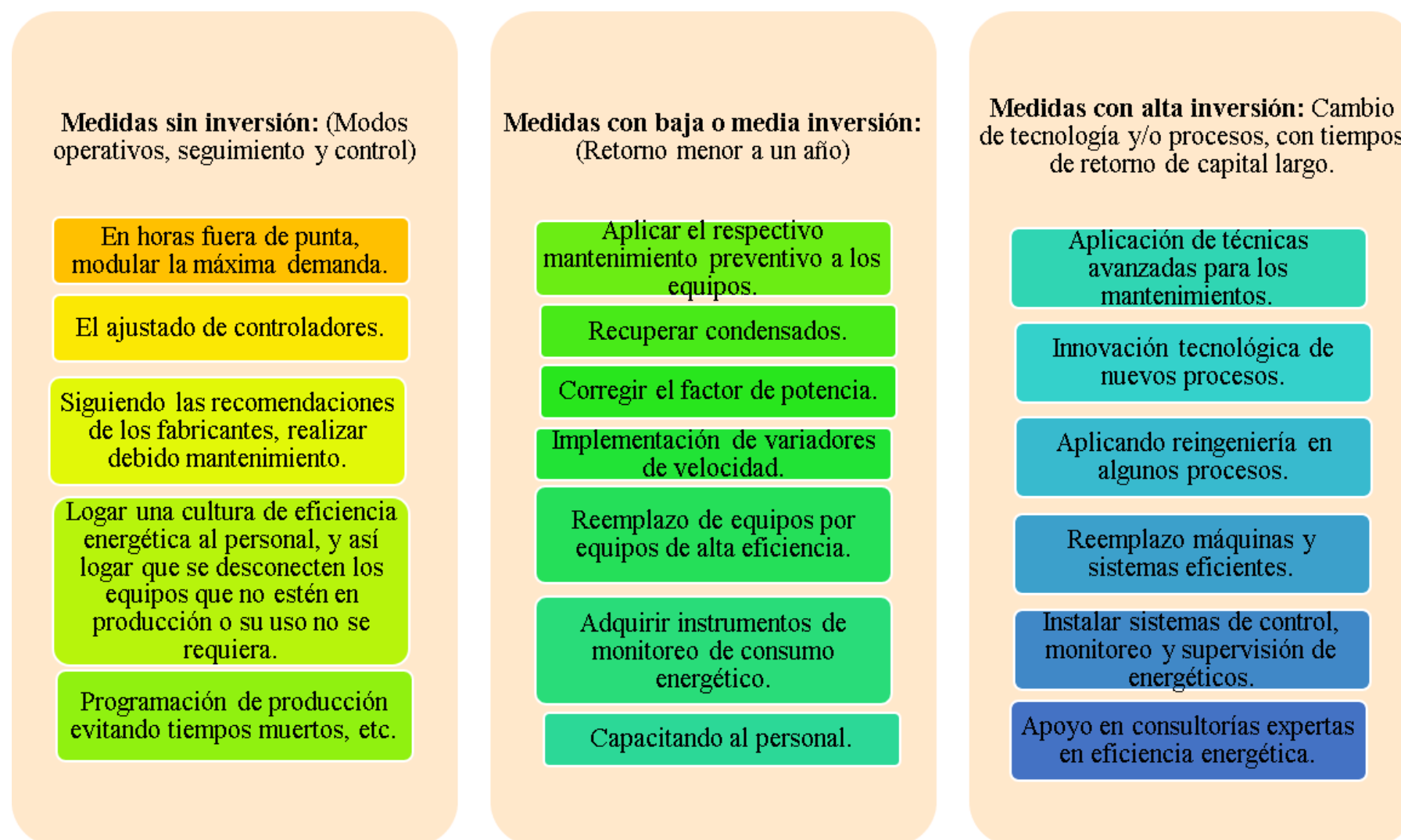


Figura 6: Estrategias para la eficiencia energética  
.Fuente: (TECSUP, 2016)

### e) Índice Energético

Muestra la variación que tiene el consumo total en cuanto a algún sector comparado con el consumo del año que se tiene como base en un lapso determinado (Rojas Castro, 2007). Estudiando cual es el comportamiento del índice energético, se logra relacionar el nivel de actividades (consumir energía) con la intensidad de energía. Al agregar el nivel de actividad se obtiene la medida producida durante un periodo por sector. Asimismo, la intensidad energética es la razón entre el consumo de la energía y el nivel de actividades (TECSUP, 2016). Para comprobar el funcionamiento del consumo de energía, se hace uso de los indicadores de energía, que se debe de haber considerado que los dos sistemas en cuestión jamás podrían operar de igual manera (TECSUP, 2016). El desarrollo de los índices se puede desarrollar en nivel macro (plata) y micro (equipo)

Tabla 1. Desarrollo de nivel macro y micro de índices

| Niveles       | Descripción                                | Ejemplo  | Indicador  |
|---------------|--|--|--|
| <b>Macro:</b> | Consumos energéticos específicos (c.e.e.)  | $\text{Consumo Específico de Energía} = \frac{\text{Consumo de Energía}}{\text{Unidad de Producto Final}}$   |  |
| <b>Micro</b>  | Desarrolla índices por equipo individuales | <p>- Para un secador es la humedad de un producto evaporada por unidad de energía consumida.</p> <p>- Las instalaciones como oficinas, escuelas, hospitales y edificios, no tienen un producto final como tal.</p> <p>En el caso de hospitales:</p> <p>En una lavandería puede ser:</p> <p>El cálculo de estos parámetros que indican la intensidad de los consumos de energía por unidad de referencia, se utilizará para determinar el nivel de eficiencia energética de consumos y su control permanente y efectuar un Benchmarking Energético.</p> | <p>- kWh / m<sup>2</sup> de piso acondicionado.</p> <p>- kWh / cama</p> <p>- gal combustible / cama</p> <p>- kWh / paciente</p> <p>- kg de vapor / kg de trabajo procesado.</p> <p>- Indicador por producción = kWh / Producto</p> <p>- Indicador por empleado = kWh / Empl. -mes</p> <p>- Indicador por área const. = kWh / m<sup>2</sup> – mes</p> |

Fuente: (TECSUP, 2016).

#### f) Sobredimensionamiento de Motores:

Los valores de carga que tienen los motores y su eficiencia operativa, se deben asumir de acuerdo a la medición que se logre en campo junto con la información de la placa que tiene el motor, que generalmente se mide en kW. Esta técnica se debe usar siempre en función a la entrada disponible, y solo se debe usar la de deslizamiento siempre y cuando las lecturas del tacómetro estén disponibles y de fácil acceso. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

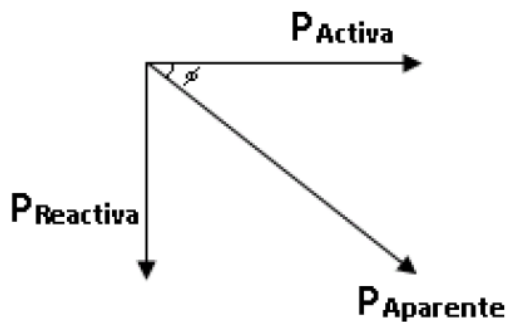
Los motores rara vez funcionan en su punto de carga completa, en promedio, operan al 60% de su carga nominal. Los motores que impulsan los ventiladores de suministro o retorno de aire en los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) generalmente funcionan a 70 % a 75% de la carga nominal (Restrepo Velásquez, y otros, 2008).

- El factor de potencia está determinado por la siguiente expresión:

$$FP = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}}$$

La potencia aparente se define vectorialmente como:

$$\vec{P}_{\text{aparente}} = \vec{P}_{\text{activa}} + \vec{P}_{\text{reactiva}}$$



En la ecuación y figura anterior, se tiene que el coseno del ángulo  $\theta$  funciona como el factor de potencia. Por tanto, al reducir el factor de potencia, se logra mantener la potencia aparente. Entonces, si se quiere mantener la igualdad de la ecuación vectorial, debe ser necesario incrementar la potencia reactiva (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

Motor sobredimensionado, es:

- Disminuir el consumo de corriente de acuerdo a la corriente nominal que estaría trabajando normalmente.



Por lo tanto, se observa en la ecuación siguiente lo afirmado anteriormente:

$$I = \frac{P \text{ consumida} * 1000}{V \text{ linea} * PF * \sqrt{3}}$$

Entonces se puede decir que tener bajas potencias consumidas, se genera bajas corrientes de trabajo.

### **Sobredimensionamiento y estimación**

Teniendo en cuenta las características del motor proporcionados por la placa, y comprando el valor de trabajo y operación, se podrá tener una idea de la estimación de cuál es el nivel que está sobredimensionado y como trabajan los motores. Se debe estabilizar entre el 75% a 100% para afirmar hasta qué punto está sobredimensionado el motor, para obtener un mejor desempeño (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

Cálculo del % de carga:

El porcentaje de carga en %L está definido por:

$$\%L = \frac{\text{Corriente RMS}}{\text{Corriente de placa}}$$

La corriente RMS, es el valor de la corriente que utiliza el motor, se realizan mediciones en condiciones de funcionamiento normal. Se tomó como referencia, los datos y funcionamiento de motores de plantas de un parque industrial. Por lo que, al realizar las mediciones en funcionamiento mediante condiciones normales, se pudo obtener un porcentaje de carga hallado correspondiente al porcentaje de “Carga Completa” (Velásquez, et al, 2008)

### **Análisis económico del sobredimensionamiento**

El desarrollo del dimensionamiento en las tres plantas, presentó pérdidas en las corrientes nominales, potencia y porcentaje de carga, por lo que no justifica una inversión, puesto que motores más pequeños pueden realizar las mismas funciones en condiciones estables. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

Según resultados anteriores; las mayores pérdidas fueron presentadas por el molino 7, en el área de trituración, se generó unas pérdidas de 21,15Kw/h de funcionamiento. Puesto que

el molino trabaja 6024 horas al año, se estima una pérdida, con un precio de Kw/h de \$200, de \$25 481,52. Esta cantidad es sumamente considerable y que lógicamente se tendría que pensar en un cambio, no obstante, un motor de esas características requeridas, rodea los \$140 000,00, muy aparte del costo por instalación y demás gastos que presentaría su instalación. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

Una solución atractiva sería volver a evaluar cual es la cantidad de carga existente en cada proceso en las plantas. Cada uno de los motores son capaces de manejar la carga que soporta actualmente, por lo que la eficiencia y también el factor potencia del motor en cuestión aumentaría su valor teórico de funcionamiento y disminuiría pérdidas en un porcentaje considerable. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

En la planta de Calorífica, se registraron valores con pérdida en cada motor con un porcentaje de potencia promedio (46.65%), con un promedio de horas de trabajo de 5 000, fueron de \$ 15 240,00 anuales, al aumentar el porcentaje de carga a 75%, las pérdidas se redujeron en un 17%. Con respecto a la plata de yesos, se registraron unas pérdidas anuales de \$14 810,00 con un porcentaje de carga promedio de 57,5%. Al llevar el porcentaje a 75%, re registran una disminución de pérdidas de 16%. Para las plantas de trituración y moliendas, bajo las mismas horas de trabajo (5 000h) y con un porcentaje promedio de 71%, las perdidas sumaron %57 390,00. Al aumentar a 75%, se redujeron un 12% las pérdidas. Posteriormente tomando una acción correctiva, únicamente sobre el porcentaje de carga a la que operen los procesos, el impacto anual sobre la facturación es muy significativa. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

### **Variar velocidad para ahorro**

Las limitaciones que el motor con funcionamiento tipo inducción presenta, es manejar una velocidad constante ante los cambios de carga, por lo que, para que se puede generar un cambio de velocidad, se tendrían que incrementar los polos. Otra alternativa de generar esta variación de velocidad es mediante un variador de velocidad, el cual regula la energía que tiene la función de modular la energía eléctrica entregada al motor. Estos variadores presentan distintos tipos, los cuales dependen de la aplicación a la cual se pretenda aplicar. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

**Rectificador de control:** en un instrumento que convierte la corriente alterna e invierte de manera periódica a corriente continua que fluye hacia una sola dirección. Este proceso es

conocido como rectificación, puesto que corrige y endereza la dirección de la corriente. Estos rectificadores se pueden usar de muchas formas, pero generalmente sirven como componentes de alguna fuente de alimentación CC.

**Convertidor de frecuencia:** Un convertidor de frecuencia, también llamado convertidor de frecuencia, es una máquina eléctrica giratoria que convierte la energía eléctrica en la frecuencia de la red en un voltaje con una frecuencia diferente. Se requería que los convertidores de frecuencia proporcionaran a los consumidores o las redes la frecuencia necesaria si no era proporcionada por la red existente. Debido al mayor desarrollo de los componentes semiconductores, los convertidores de frecuencia electrónicos ahora se utilizan principalmente en lugar de los convertidores de frecuencia mecánicos (también como convertidores de frecuencia estáticos designado), excepto en algunas centrales eléctricas de tracción. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

**Regulador de tensión:** El voltaje eléctrico no es uniforme: a veces fluctúa más o menos, creando situaciones de sobretensión o subtensión. Estas variaciones pueden ser perjudiciales para su equipo eléctrico. El regulador de voltaje es una solución para protegerlos. La diferencia de voltaje que existe entre dos puntos en un circuito eléctrico se llama voltaje eléctrico. Sucede que el voltaje eléctrico varía: es un fenómeno breve, que no detiene el funcionamiento de los dispositivos conectados al sector. A veces, el problema puede ser identificado por la iluminación, que a veces parecerá más fuerte o más débil. También puede suceder que una caída de voltaje se asimile a un corte de microenergía. En la inversión, puede haber momentos de sobretensión, durante los cuales su equipo energizado, es decir, conectado a la red, recibe un voltaje más alto de lo normal. Ya sea que provengan de sus propios dispositivos o de un fenómeno externo (rayos, por ejemplo, o una fluctuación de voltaje en la red), Estas variaciones de voltaje a la larga pueden resultar perjudiciales para el funcionamiento adecuado de los dispositivos eléctricos. Para proteger su equipo, puede ser necesario instalar un regulador de voltaje, también llamado estabilizador de voltaje. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

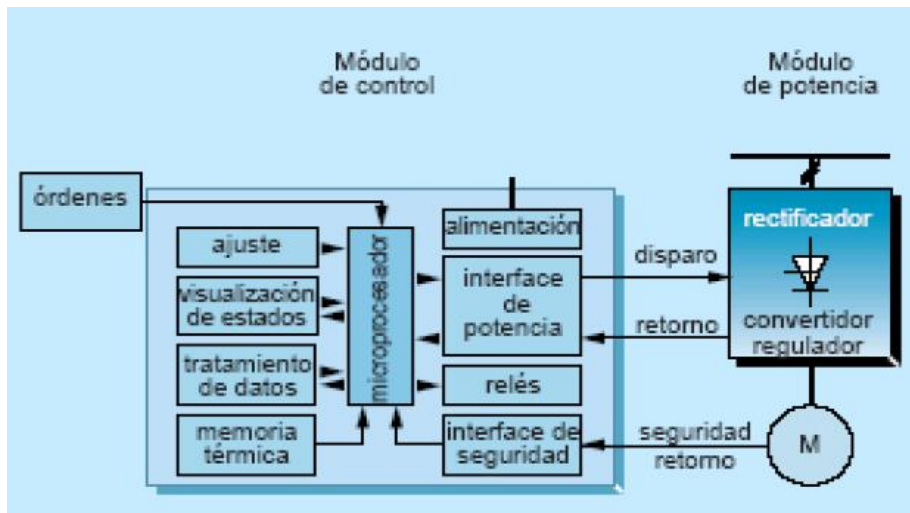


Figura 7: Estructura general de un dispositivo vibrador

Fuente: Velásquez, et al, (2008)

**Control de flujo:** es el principal desafío para que un sistema tenga un funcionamiento de manera exitosa mediante la distribución de CC en alguna red DC. Las variables que se disponen para controlar el flujo de potencia de las redes es la amplitud de voltaje y corriente (Restrepo Velásquez, y otros, 2008).

### Cálculo de la disminución en el consumo de potencia

Al trabajar solo con cambios de velocidad, la relación entre potencia y velocidad viene dada por la siguiente ecuación:

$$Pot2 = Pot1 \frac{N2}{N1} \sqrt{\left(\frac{N2}{N1}\right)}$$

De donde:

La potencia consumida en el sistema a la frecuencia de la línea. La velocidad a la potencia, la potencia consumida a una velocidad, la velocidad deseada y requerida para el trabajo. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

Al considerar que un motor trabaje a una velocidad de 27rpm, se podría obtener un ahorro energético teórico si se dispone del consumo de la potencia del molino a la misma frecuencia de alimentación de la línea. Al medir el consumo de potencia se puede obtener que el consumo promedio para producir 100Kg de material molido fue de 6,1Kw y para producir 532Kg, se consumió 27,64Kw. (Restrepo Velásquez, y otros, 2008)

## **Motores de alta eficiencia:**

Un motor eléctrico es una máquina con el propósito de convertir la energía eléctrica en energía mecánica utilizable. Los motores eléctricos han pasado por casi dos siglos de historia y desarrollo. En consecuencia, se hace una distinción entre dos partes del motor en las que surgen los campos: una parte fija, el estator (generalmente afuera) y una parte giratoria del motor, el rotor (principalmente adentro). Uno o ambos campos deben rotarse mientras el motor gira, a menudo invirtiendo los polos. Dependiendo del tipo de motor, el estator consta de imanes permanentes o electroimanes (para generar un campo magnético alterno). El rotor puede consistir en imanes permanentes (motor síncrono), un núcleo de hierro envuelto (motor paso a paso) o un devanado de cortocircuito (motor asíncrono).

Alrededor del 96% de los motores eléctricos vendidos en Europa funcionan con corriente alterna, y sobre todo estos deben considerarse aquí. Los motores eléctricos en la producción comercial también existen en una amplia gama de salidas, que van desde unos pocos vatios hasta varios cientos de kilovatios. La mayor parte de la electricidad es consumida por motores eléctricos medianos y grandes. Debido a su gran importancia para ahorrar energía y aumentar la eficiencia, los motores eléctricos en el rango de potencia media (0,75 kW - 375 kW) son de particular importancia.(Crusher, 2019)

Al cambiar el diseño, se pueden lograr ahorros de energía al operar motores eléctricos. Una posibilidad es una reducción en la resistencia eléctrica (y, por lo tanto, las pérdidas de energía debido al calor residual en el motor) debido a un diseño cambiado (cables más gruesos significan pérdidas más bajas), el uso de otros materiales (cobre en lugar de aluminio para el rotor). Esto último significa un aumento en la eficiencia sin aumentar la proporción de material y sin cambiar el tamaño (los tamaños de los motores a menudo están estandarizados). A largo plazo, los sistemas motores innovadores también pueden desempeñar un papel, por ejemplo, con el uso de superconductores. Una segunda opción de ahorro tecnológico es usar un control de velocidad (VSD de variador de velocidad inglés), de modo que el motor solo consuma tanta energía como sea realmente necesaria.

Se pueden lograr enormes ahorros con el uso de controladores de velocidad, especialmente con sistemas electromotrices y especialmente con bombas y ventiladores. Un tercer grupo de posibles ahorros se refiere a la optimización de los sistemas electromotrices. El motor eléctrico con el sensor y la unidad de control, así como la caja de cambios y otros

componentes, forman una máquina de trabajo. Un aumento en la eficiencia incluye la elección correcta de los componentes individuales: motor del tamaño correcto (no sobredimensionado), líneas, correas y dispositivos finales (ventiladores, bombas, compresores, cintas transportadoras, etc.). La elección adecuada y eficiente de los componentes del sistema es importante para aumentar la eficiencia en el funcionamiento de los motores eléctricos, pero no es una opción tecnológica real y, por lo tanto, no se analiza en detalle a continuación. Sin embargo, es importante para el papel de intermediarios, los llamados OEM (Fabricantes de equipos originales), que instalan motores en varios sistemas de motores. Para sistemas completos con bajos costos de adquisición, a menudo se usan motores baratos pero ineficientes (el precio de compra es, por lo tanto, más bajo, los costos del ciclo de vida hasta ahora no han jugado un papel importante en la competencia).

El siguiente resumen de cifras que muestran el ahorro potencial del total de energía producida anualmente en el estado de Sercobe, asciende a unos 239 TWh, de los cuales 42,5% corresponde al consumo industrial. De este consumo industrial, el 66,6% es para el consumo de los accionamientos eléctricos. (Crusher, 2019)

El conjunto de los accionamientos eléctricos está formado por:

- Motor eléctrico
- Motor eléctrico con reductor
- Motor eléctrico alimentado con convertidor de frecuencia (También llamado variador de velocidad)

Es posible un ahorro energético, mediante la implementación y uso de un convertidor de frecuencia del 35% de la potencia consumida. Al momento de regular la velocidad, la potencia se reduciría al 40%, lo que presentaría un ahorro en su consumo anual. (Crusher, 2019)

El ahorro energético no solo es una disminución en el gasto de un país, sino que también repercute directamente con el impacto ambiental que se produce.

### **Políticas Energéticas**

El mundo está incentivando el uso de motores eléctricos de alto rendimiento. Los dispositivos con motor eléctrico hacen que la energía eléctrica se convierta en mecánica, se

estima que la gran cantidad de electricidad usada por los EMSD son consumidos por el propio dispositivo eléctrico, y solo se un pequeño porcentaje en la alimentación de funciones de controles y otros circuitos.

Tabla 2 Consumo eléctrico por sector

| <b>Sector</b>                   | <b>Consumo de electricidad</b> | <b>% de toda la electricidad EMSD</b> | <b>% de la electricidad del sector</b> |
|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| <b>Industrial</b>               | 4 488 TWh / año                | 64%                                   | 69%                                    |
| <b>Comercial</b>                | 1 412 TWh / año                | 20%                                   | 38%                                    |
| <b>Residencial</b>              | 948 TWh / año                  | 13%                                   | 22%                                    |
| <b>Transporte y agricultura</b> | 260 TWh / año                  | 3%                                    | 39%                                    |

Fuente: Restrepo Velásquez, y otros, (2014)

Estas cifras desalentadoras son el agregado de la energía consumida por una variedad de diferentes tipos de motores que operan dentro de un amplio conjunto de aplicaciones en cada sector de uso de energía, con la mayor oportunidad de ahorro en el sector industrial.

Este análisis encuentra los mejores motores que están disponibles y que ahorran un 4 a 5% del consumo de energía, que, al vincularlos con soluciones electromecánicas, se logra optimizar para el usuario que le va a producir un ahorro entre el 15 y 25% en el consumo eléctrico. Lo que reducirá un 10% de la demanda total de la energía eléctrica, y las tres principales posibilidades son:

- El uso de motores con el tamaño adecuado y eficientes energéticamente.
- El uso de ASD para la adaptación de velocidad y el par del motor a los requisitos mecánicos de carga en el sistema, esto genera que se pueda reemplazar los dispositivos ineficientes de estrangulamiento.
- Lograr optimizar el sistema incluyendo motores, conductos y tuberías con las dimensiones correctas y transmisiones eficientes que brinden el servicio energético requerido minimizando las pérdidas de energía.

En mercados no regulados, los compradores tienden a invertir menos en opciones de mayor eficiencia y eligen sistemas de motores eléctricos con un bajo costo inicial. Esto ocurre por una variedad de razones, que incluyen:

- Falta de conciencia entre los compradores de motores sobre el potencial de ahorro de energía y costos mediante el uso de motores más eficientes dentro de un EMDS de eficiencia energética.
- Estructuras en la organización de la empresa para gestionar el presupuesto y adquirir equipos separados del presupuesto del área de operaciones y mantenimiento.
- El hecho de que los motores a menudo se integran en equipos producidos por fabricantes de equipos originales antes de la venta al usuario final.

Muchos países optan por MEPS para su clase principal de motores eléctricos en la industria, puesto que, mediante éstos, se logra disminuir el consumo energético mejorando la eficiencia promedio de los dispositivos, si todos los países adoptaran la misma medida, para el año 2030 se estaría ahorrando hasta 322 TWh de energía eléctrica anual, lo que sería un ahorro de 206 Mt de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Desde la perspectiva política, avanzar en el dominio más complejo de EMDS sí es posible, mediante la segmentación de aplicaciones en las que usan motores, y con políticas reguladoras se mejorará la posibilidad de ahora en el consumo de energía eléctrica, mediante la etiqueta de energía y MEPS para una gama de sistemas centrales que son impulsados por motor. Como algunos aspectos del uso de energía del sistema motor no se prestan a enfoques regulatorios simples, las medidas de política más suaves pueden ser beneficiosas.

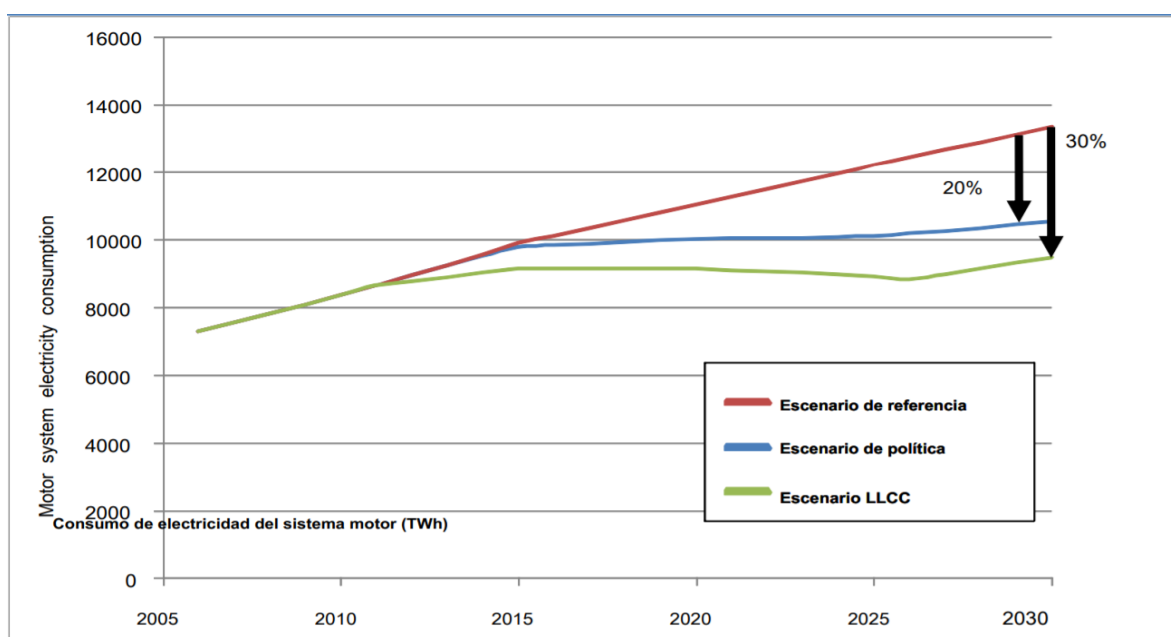




Figura 8: Consumo mundial proyectado de electricidad del sistema de motor eléctrico  
Fuente: Crusher, (2019)

Sobre todo, es esencial ampliar las operaciones y los recursos comprometidos para aprovechar el vasto potencial de ahorro de EMDS optimizado. Al establecerse un paquete de rigurosas políticas y con una amplia base, para el año se lograría ahorrar 24 000 TWh en el consumo eléctrico, se lograría evitar unos 16 Gt de emisiones de CO<sub>2</sub> y lograr ahorrar 1,7 billones de Dólares (Crusher, 2019).

Para ayudar a aprovechar el enorme potencial de ahorro de energía rentable en los sistemas impulsados por motores eléctricos, los gobiernos deberían considerar, el nivel de estos estándares debe establecerse en no menos que el menor costo del ciclo de vida, que generalmente es IE3 o superior para motores de inducción de CA asíncronos de tamaño medio (Crusher, 2019).

Lograr estos ahorros requerirá una acción individual y concertada por parte de todos los actores, incluidos los reguladores, los encargados de formular políticas y las agencias de desarrollo de normas (Crusher, 2019).

### **Métodos de ensayo para determinar el rendimiento**

A pesar que el rendimiento del motor eléctrico está influenciada por el cociente de la potencia cedida en el eje P2 y la absorbida de la red P1 que se expresa mediante un valor porcentual, puede divergir según la función de la norma usada. (Crusher, 2019)

Un motor necesita energía eléctrica para girar el motor. La velocidad a la que se mueve un motor depende de la señal que lo impulsa.

Se utilizan dos componentes principales: el controlador del motor y el motor. El primero traduce los comandos de posición, velocidad o fuerza (aceleración o par) a las señales necesarias para mover el motor. Este último aumenta las señales a los niveles de potencia requeridos para mover el motor.

Probar estos aspectos de un motor a menudo significa suministrar perfiles de movimiento del controlador conocidos y verificar las señales de salida del controlador y el variador. Como estas señales son eléctricas, se utilizan sensores de voltaje y corriente. La selección del sensor apropiado depende del ancho de banda y los niveles necesarios para el controlador, el variador y el motor en particular.

Las salidas del controlador y del variador dependen mucho de los diseños particulares y los requisitos del tipo de motor, como síncrono, inducción y CC. Típicamente, el controlador emite una señal de comando que varía lentamente que se convierte en señales pulsantes o alternas que excitan los diversos devanados del motor. La medición de la señal de comando generalmente se realiza con un sensor de voltaje, ya que las velocidades y los niveles de corriente de las señales del variador son función de la frecuencia y la amplitud del voltaje de la señal del controlador.

Los motores de CA pueden usar CT típicos de núcleo dividido o anillo sólido para la corriente, mientras que los motores de CC necesitan una derivación para medir la corriente. Tenga en cuenta que los TC de CA pueden inducir un cambio de fase en la señal de salida que puede afectar las mediciones instantáneas de potencia al imitar la potencia reactiva cuando no existe ninguna. También tenga en cuenta que los CT proporcionan aislamiento integrado de la potencia que impulsa el motor, debido a su diseño inherente basado en transformador. Se pueden realizar mediciones de voltaje donde se puede hacer contacto eléctrico con las señales. Por supuesto, estas señales pueden ser grandes tanto en el nivel de voltaje como especialmente en los niveles de corriente. Tenga cuidado con las conexiones y elija los sensores correctamente por razones de seguridad.

### **Métodos de prueba para varias pruebas comunes realizadas en motores**

Muchas de estas pruebas requieren que se aplique una carga mecánica al motor para que el motor tenga algo contra lo que "empujar". Estas cargas suelen ser un freno mecánico, que convierte la energía de salida del motor en pérdida de calor por fricción, o un generador, que convierte la energía mecánica en electricidad, que luego puede utilizarse para impulsar un banco de carga de resistencia (convertir en calor) u otros medios volcar la energía eléctrica.

Consumo de energía: Para motores de CA, use un CT y PT para medir la corriente (I) y el voltaje (V) aplicados a un motor para formar la potencia instantánea  $P = I * V$ . Para motores de CC, en lugar de un CT, mide la corriente con una derivación y calcula la potencia como  $I * V$ .

- La cantidad de potencia es algo proporcional a la carga del motor, por lo que las pruebas generalmente aumentan la carga automáticamente para formar una curva de potencia eléctrica de entrada a potencia mecánica de salida. Las condiciones de “sin carga” y

“carga completa” (o “bloqueada”) a menudo son interesantes porque se pueden obtener parámetros fundamentales del funcionamiento del motor. Por ejemplo, el ángulo de fase “sin carga” entre corriente y voltaje en cada fase de un motor de inducción de CA es de interés para parámetros de circuito equivalentes. Condición de bobinados: La prueba de la resistencia de cada devanado se puede medir con un DMM estándar. Estas pruebas ayudan a determinar problemas como cortocircuitos a tierra, cortos entre fases y bobinados rotos. Un probador de olla alta puede verificar la ruptura del aislamiento del devanado.

- Rodamiento y desequilibrio de vibración: Para motores rotativos, la aplicación de un acelerómetro a un soporte de rodamiento de motor puede evaluar la integridad mecánica del rodamiento. Cuando se miden dos ejes simultáneamente, por ejemplo, vertical y horizontal según lo definido por la gravedad, se puede detectar un movimiento de montaje general si el rodamiento o el montaje se están moviendo. Estas frecuencias se producen a la velocidad de rotación y los armónicos, causados por la desalineación del eje o el desequilibrio del motor. Los devanados asimétricos, ya sean mecánicos o eléctricos, también causan fuerzas de rotación.
- Alineación del eje: Para motores rotativos, colocar un acelerómetro en la dirección del eje del motor puede detectar flojedad y desalineación en el eje. Un medio más típico para detectar el movimiento del eje, debido al agotamiento o la flojedad, utiliza un sensor de proximidad. Este tipo de sensor detecta la distancia entre el sensor y el eje y casi siempre son sensores sin contacto, aunque algunos se montan en la superficie del eje. La versión sin contacto de estos sensores usualmente usa métodos de desplazamiento de láser o corriente de Foucault, y un método puede funcionar mejor que el otro dependiendo del material y la condición del eje. Por ejemplo, el método de la corriente de Foucault no funcionará en un eje compuesto de fibra de carbono.
- Corriente de arrastre: Un CT o shunt de gran ancho de banda mide la respuesta de tiempo del consumo de corriente del motor cuando se enciende por primera vez. Dado que el motor no se mueve inicialmente, la fuente de energía genera una resistencia muy baja debido casi exclusivamente a la resistencia de los devanados. La corriente de entrada actual vuelve a los niveles normales después de que el motor comienza a

moverse. La forma y la amplitud máxima de la corriente de arrastre se pueden usar como disposición de aprobación / falla durante las pruebas de fabricación.

- **Tiempo de ejecución y vibraciones:** El tiempo requerido para que un motor alcance la velocidad ordenada puede ser una indicación de la construcción adecuada del motor. El sensor típico utilizado para esta medición es un codificador o sensor de 1 / rev (una vez por revolución). Los motores que se pueden controlar con velocidad a menudo tienen codificadores incorporados o sensores de 1 / rev que el controlador del motor puede usar para detectar la velocidad. Otro método utiliza un sensor sin contacto, como un láser de proximidad, para medir algún aspecto de la velocidad del motor. Para un prox, dos muescas a 180 grados de separación en el eje (para mantener el equilibrio) pueden producir una señal oscilante cuya frecuencia es proporcional a la velocidad del motor. Para un láser, una cinta reflectante pero liviana puede producir una reflectancia oscilante. Además, dado que la aceleración pasa a través de todas las velocidades operativas posibles del motor, es útil controlar la vibración durante esta aceleración en caso de que se pasen resonancias mecánicas a medida que se invoca el rango de frecuencias. En estas situaciones, una ejecución lenta es beneficiosa para permitir la acumulación de resonancias Q bajas.
- **Tiempo de inactividad:** Los mismos métodos de prueba discutidos para la ejecución también se aplican a la desaceleración, con el único hecho importante de que durante la desaceleración del motor no se alimenta el motor. Por lo tanto, cualquier par y otras fuerzas presentes durante la carrera están ausentes en una costa hacia abajo.

### **Selección del motor de alta eficiencia**

La eficiencia de un motor es la relación entre la salida de potencia mecánica y la entrada de potencia eléctrica. Esto puede expresarse como:

$$\text{Eficiencia} = \frac{Ou_{tput}}{Entrada} = \frac{\frac{Pérdidas de entrada}{Entrada}}{Entrada} = \frac{Ou_{tput}}{Salida + pérdidas}$$

El cambio en el diseño, materiales más avanzados y las mejoras en el proceso de fabricación han logrado reducir considerablemente las pérdidas ocasionadas por el motor, lo que hace que los motores de alta gama sean mucho más eficientes que los

convencionales, ya que las pérdidas de energía han sido reducidas considerablemente aumentando las horas de trabajo con un menor consumo de energía.

La definición de acuerdo a la NEMA, diseñada para ayudar a los usuarios a identificar y comparar las eficiencias del motor eléctrico en igualdad de condiciones, incluye una tabla de valores mínimos de eficiencia nominal a plena carga. \* El rendimiento de un motor debe ser igual o superior a los niveles de eficiencia nominales dados en la siguiente Tabla para que sea clasificado como "energéticamente eficiente"

Tabla 3. Umbral NEMA Eficiencias nominales de carga completa para motores energéticamente eficientes

| 12-6B |       |       |      |       |       |       |       |       |  |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| HP    | ODP   |       |      | 900   | TEFC  |       |       | 900   |  |
|       | 3600  | 1800  | 1200 |       | 3600  | 1800  | 1200  |       |  |
| 1,5   | 80    | 82,5  | 82,5 | 75,5  | 78,5  | 81,5  | 82,5  | 75,5  |  |
| 2     | 82,5  | 82,5  | 84   | 85,5  | 82,5  | 82,5  | 82,5  | 82,5  |  |
| 3     | 82,5  | 86,5  | 85,5 | 86,5  | 82,5  | 84    | 84    | 81,5  |  |
| 5 5   | 85,5  | 86,5  | 86,5 | 87,5  | 85,5  | 85,5  | 85,5  | 84    |  |
| 7.5   | 85,5  | 88,5  | 88,5 | 88,5  | 85,5  | 87,5  | 87,5  | 85,5  |  |
| 10    | 87,5  | 88,5  | 90,2 | 89,5  | 87,5  | 87,5  | 87,5  | 87,5  |  |
| 15    | 89,5  | 90,2  | 89,5 | 89,5  | 87,5  | 88,5  | 89,5  | 88,5  |  |
| 20    | 90,2  | 91 91 | 90,2 | 90,2  | 88,5  | 90,2  | 89,5  | 89,5  |  |
| 25    | 91    | 91,7  | 91   | 90,2  | 89,5  | 91 91 | 90,2  | 89,5  |  |
| 30    | 91    | 91,7  | 91,7 | 91 91 | 89,5  |       | 91 91 | 90,2  |  |
| 40    | 91,7  | 92,4  | 91,7 | 90,2  | 90,2  | 91,7  | 91,7  | 90,2  |  |
| 50    | 91,7  | 92,4  | 91,7 | 91,7  | 90,2  | 92,4  | 91,7  | 91 91 |  |
| 60 60 | 93    | 93    | 92,4 | 92,4  | 91,7  | 93    | 91,7  | 91,7  |  |
| 75    | 93    | 93,6  | 93   | 93,6  | 92,4  | 93    | 93    | 93    |  |
| 100   | 93    | 93,6  | 93,6 | 93,6  | 93    | 93,6  | 93    | 93    |  |
| 125   | 93    | 93,6  | 93,6 | 93,6  | 93    | 93,6  | 93    | 93,6  |  |
| 150   | 93,6  | 94,1  | 93,6 | 93,6  | 93    | 94,1  | 94,1  | 93,6  |  |
| 200   | 93,6  | 94,1  | 94,1 | 93,6  | 94,1  | 94,5  | 94,1  | 94,1  |  |
| 12-6C |       |       |      |       |       |       |       |       |  |
| HP    | ODP   |       |      | 900   | TEFC  |       |       | 900   |  |
|       | 3600  | 1800  | 1200 |       | 3600  | 1800  | 1200  |       |  |
| 1     | 82,5  | 80    | 74   | 75,5  | 82,5  | 80    | 74    |       |  |
| 1,5   | 82,5  | 84    | 84   | 75,5  | 82,5  | 84    | 85,5  | 77    |  |
| 2     | 84    | 84    | 85,5 | 85,5  | 84    | 84    | 86,5  | 82,5  |  |
| 3     | 84    | 86,5  | 86,5 | 86,5  | 85,5  | 87,5  | 87,5  | 84    |  |
| 5 5   | 85,5  | 87,5  | 87,5 | 87,5  | 87,5  | 87,5  | 87,5  | 85,5  |  |
| 7.5   | 87,5  | 88,5  | 88,5 | 88,5  | 88,5  | 89,5  | 89,5  | 85,5  |  |
| 10    | 88,5  | 89,5  | 90,2 | 89,5  | 89,5  | 89,5  | 89,5  | 88,5  |  |
| 15    | 89,5  | 91 91 | 90,2 | 89,5  | 90,2  | 91 91 | 90,2  | 88,5  |  |
| 20    | 90,2  | 91 91 | 91   | 90,2  | 90,2  |       | 90,2  | 89,5  |  |
| 25    | 91 91 | 91,7  | 91,7 | 90,2  | 91 91 | 92,4  | 91,7  | 89,5  |  |
| 30    | 91 91 | 92,4  | 92,4 | 91 91 | 91 91 | 92,4  | 91,7  | 91 91 |  |
| 40    | 91,7  | 93    | 93   | 91 91 | 91,7  | 93    | 93    |       |  |
| 50    | 92,4  | 93    | 93   | 91,7  | 92,4  | 93    | 93    | 91,7  |  |
| 60 60 | 93    | 93,6  | 93,6 | 92,4  | 93    | 93,6  | 93,6  | 91,7  |  |
| 75    | 93    | 94,1  | 93,6 | 93,6  | 93    | 94,1  | 93,6  | 93 93 |  |
| 100   | 93    | 94,1  | 94,1 | 93,6  | 93,6  | 94,5  | 94,1  |       |  |
| 125   | 93,6  | 94,5  | 94,1 | 93,6  | 94,5  | 94,5  | 94,1  | 93,6  |  |
| 150   | 93,6  | 95    | 94,5 | 93,6  | 94,5  | 95    | 95    | 93,6  |  |
| 200   | 94,5  | 95    | 94,5 | 93,6  | 95    | 95    | 95    | 94,1  |  |

Fuente: (Crusher, 2019)

## **Pérdidas motoras y técnicas de reducción de pérdidas**

La función de los motores es hacer que la energía eléctrica pase a ser mecánica que conlleva a realizar diferentes trabajos útiles. La forma de aumentar la eficiencia de los motores es reduciendo las pérdidas que genera el mismo motor, y los motores eficientes generan una ganancia de eficiencia del 92 a 94% que se traduce a un ahorro del 25% de pérdidas.

Las pérdidas que genera el motor se pueden separar en 5 segmentos, de los cuales cada uno de ellos están influenciados por las decisiones que se tomen en el momento del diseño y el tipo de construcción, entre ellos está el tamaño del espacio del aire entre el estator y el rotor. Las pérdidas que se generan en el motor se describen a continuación:

- 1) **Pérdida del núcleo representa la energía requerida para magnetizar.** el núcleo (histéresis) incluyen pérdidas por la acción de crear corrientes parásitas que fluyen en el núcleo. Esta pérdida se reduce con la utilización del acero electromagnético que reduce la densidad de flujo y también se reducen con el uso de láminas de acero más delgadas.
- 2) **Viento y fricción las pérdidas ocurren debido al rodamiento fricción y resistencia al aire.** Se usa rodamientos, diseño de ventiladores y flujos de aire mejorados, en motores que son más eficientes se usa sistemas de enfriamiento reducidos para el uso de ventiladores más pequeños.
- 3) **Pérdidas del estator aparece como calentamiento debido al flujo de corriente** (I) mediante la resistencia que tiene el devanado del estator, conocido como un  $I^2R$  pérdida. Se puede disminuir las pérdidas de R al modificar los diseños de la ranura que tiene el estator y también disminuir el espesor del aislamiento para poder aumentar los volúmenes del alambre en el estator.
- 4) **Pérdidas de rotor aparece como  $yo\ 2\ R$  calentamiento en el rotor devanado.** Estas pérdidas se pueden reducir al aumentar el tamaño de los anillos y las barras conductoras para que se produzca una resistencia inferior, o también se puede lograr mediante la reducción de la corriente.
- 5) **Pérdidas de carga pérdidas son el resultado de los flujos de fuga inducido por corrientes de carga.** Las pérdidas R aumentan a la proporción de la carga que tiene

el motor. Estos componentes se detallan en la tabla 4, en la tabla 5 se muestran las distribuciones y en la figura 9 se muestra las variaciones de pérdida por la carga del motor.

Tabla 4. Categorías por pérdida de motor

| <b>Sin pérdidas de carga</b>                                   | <b>Pérdidas (%)</b> | <b>Los factores que afectan estas pérdidas</b>   |
|--|---------------------|--|
| Pérdidas centrales   | 15-25               | Tipo y cantidad de material magnético            |
| Fricción y pérdidas de viento                                  | 5 - 15              | Selección y diseño de ventiladores y rodamientos |
| <b>Motor funcionando bajo el estator de carga I 2 Pérdidas</b> |                     |  |
| R  | 25 - 40             | Tamaño del conductor del estator                 |
| Rotor I 2 Pérdidas R   | 15 - 25             | Tamaño del conductor del rotor                   |
| Pérdidas de carga perdidas                                     | 10 - 20             | Métodos de fabricación y diseño.                 |

Fuente: (Crusher, 2019)

Tabla 5. Distribuciones típicas de pérdidas de motor, % (recinto a prueba de goteo abierto de 1800 RPM)

| <b>Tipos de pérdida</b>   | <b>Potencia del motor</b> |           |            |
|---------------------------|---------------------------|-----------|------------|
|                           |                           | 50        | <b>100</b> |
| <b>Estator I 2 R</b>      | 42                        | 38        | <b>28</b>  |
| <b>Rotor I 2 R</b>        | 21                        | 22        | <b>18</b>  |
| <b>Pérdidas centrales</b> | 15                        | 20        | <b>13</b>  |
| <b>Viento y fricción</b>  | 77                        | 8         | <b>14</b>  |
| <b>Carga perdida</b>      | <b>15</b>                 | <b>12</b> | <b>27</b>  |

Fuente: (Crusher, 2019)

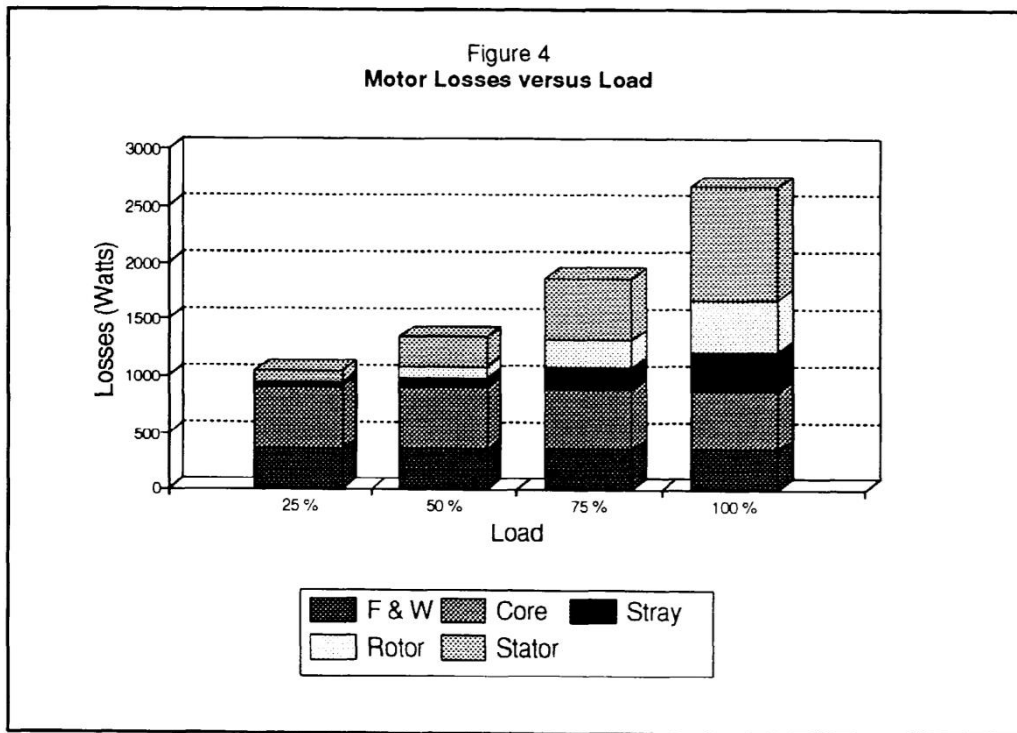


Figura 9: Determinación y comparación de eficiencias motoras

Es difícil hacer una comparación precisa de la eficiencia en las investigación publicadas, citadas o probadas de las empresas fabricantes, puesto que estos usan diferentes valores catalogo y literaturas de muchos proveedores, las definiciones más comunes son:

- Eficiencia media o nominal. Son términos similares que se refieren al promedio de eficiencia en la carga que se ha obtenido al probar una muestra representativa del mismo modelo de motor.
- Mínimo garantizado o mínimo esperado. Este garantiza que los motores o gran porcentaje de ellos tengan un desarrollo de trabajo eficiente que igualen o superen la carga completa (Basado en la tabla NEMA).
- Eficiencia aparente. Es el producto del factor de potencia y la mínima eficiencia, con este concepto se puede decir que el consumo eléctrico puede variar de forma considerable ya que el factor de potencia podría ser alto sin embargo la eficacia es baja.



## **1.4 Formulación del problema**

¿Es factible la reducción del consumo de energía mediante el establecimiento de indicadores energéticos en la Planta Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A.?

## **1.5 Justificación del estudio.**

### **a). Técnica.**

Esta investigación permite la implementación de indicadores energéticos para las diversas áreas de la Planta Olmos, de la empresa Complejo agroindustrial BETA S.A; a través de los cuales se va a realizar un diagnóstico y un monitoreo energético permitiendo establecer medidas de ahorro de energía.

### **b). Económica –Financiera**

Este proyecto le permitirá a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A, reducir el pago por energía ya que le va permitir reducir el consumo energético por unidad de producto producido, siendo beneficiada económicamente la empresa

### **c). Social – Comunal**

El impacto de mejorar la eficiencia energética es muy bueno ya que permitirá desarrollar una cultura de ahorro energético que puede ser proyectada hacia los hogares de los trabajadores, además la energía ahorrada se podrá usar para aumentar la frontera eléctrica.

### **d). Ambiental.**

El análisis de los indicadores energéticos permitirá disminuir el consumo energético en la Planta Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA SA, con lo cual se estaría aportando a la disminución de la huella de carbono de la empresa.

## **1.6 Hipótesis.**

Si es factible mejorar reducir el consumo energético estableciendo los indicadores energéticos en la Planta Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A

## **1.7 Objetivos.**

### **a). Objetivo General**

- Analizar los indicadores energéticos para disminuir el consumo energético de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A, partiendo de una auditoria energética, potencia instalada y el diagrama de carga diaria.

### **b). Objetivos Específicos.**

- Realizar una auditoría energética a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A y calcular la potencia instalada y el diagrama de carga diaria.
- Calcular los consumos energéticos de la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A y establecer los indicadores energéticos.
- Proponer un plan de mejora energética que incluya el monitoreo de los indicadores energéticos en la Planta Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A
- Evaluar la viabilidad del plan de Mejora Energética atreves de los Indicadores Económico – Financieros VAN y TIR

## **II. Método**

### **2.1. Diseño de investigación.**

#### **No experimental**

Esta investigación es no experimental puesto que no existe la manipulación de variables para determinar algún efecto de cambio, y solo se centra en la observación de las variables en estudio para analizar los indicadores energéticos que puedan disminuir el consumo energético de la empresa en estudio, en este caso el investigador no posee ningún control de la variable puesto que los hechos ya ocurrieron.

#### **Descriptiva**

En la presente investigación existe solo la descripción de sucesos y hechos a partir de una observación de las variables, tal cual se presentan de forma natural sin ninguna manipulación.

| <b>Estudio</b> | <b>T1</b> |
|----------------|-----------|
| N1             | B1        |
| N2             | B2        |

Donde:

N1 y N2 son muestras

B1 y B2 son observaciones

### **2.2. Variables, operacionalización.**

#### **Variable Independiente**

Consumo Energético

#### **Variable Dependiente.**

Índices Energéticos

Tabla 6. Operacionalización de las Variables.

| <b>VARIABLES</b>                                 | <b>DEFINICIÓN<br/>CONCEPTUAL</b>   | <b>DEFINICIÓN<br/>OPERACIONAL</b>   | <b>INDICADOR</b>  | <b>ESCALA DE<br/>MEDICIÓN</b>                                    | <b>INSTRUMENTO</b> |
|--|--|---|-------------------|--|--------------------|
| Variable<br>Independiente:<br>Consumo Energético | El consumo energético es toda la energía necesaria para fabricar un producto o brindar un servicio                   | El consumo energético es la cantidad de energía eléctrica que consume la empresa BETA S.A. para el procesamiento agroindustrial de productos. | Energía Eléctrica | Consumo de energía (KW)  | Observación        |
| Variable<br>dependiente:<br>Índices energéticos. | Es un valor numérico, por medio el cual se cuantifica la relación del consumo de energía con la producción del área. | Los indicadores energéticos resultan del monitoreo de las unidades producidas dividido entre el consumo energético.                           | Índice energético | Unidad producida /<br>KW consumido<br><br>Área / KW<br>consumido | Observación        |

Fuente: Elaboración Propia

### **2.3. Población y muestra del estudio.**

#### **Población.**

Los consumos energéticos de la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A.

#### **Muestra.**

La muestra para la presente investigación es igual a la población.

### **2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.**

| <b>TÉCNICA</b>        | <b>USO</b>  | <b>INSTRUMENTO</b>             |
|-----------------------|---|--------------------------------|
| Observación           | Caracterizar las condiciones de trabajo y parámetros de operación de la máquina | Ficha de control de Selección  |
| Revisión Documentaria | Búsqueda de elementos estandarizados, materiales y normas.                      | Ficha de revisión documentaria |

#### **a). Técnica de Recolección de Datos**

##### **Observación**

Para determinar y medir los parámetros de vital importancia que tienen los equipos en la empresa Agroindustrial BETA SA tales como el tiempo de funcionamiento (horas), sistemas de luz artificial, sistemas de consumo de energía en áreas complementarias, y la producción en un periodo determinado según sus productos.

##### **Revisión documentaria**

Para indagar cuales son las normativas que rigen y determinan la eficiencia de la energía, información técnica y equipos en condición estandarizados para analizar las variables en estudio que son los indicadores energéticos en la empresa agroindustrial.

## **b). Instrumentos de Recolección de Datos.**

### **Ficha de control de Diseño**

Mediante este instrumento de tipo ficha de observación permitió la caracterización de cada equipo energético usado por la empresa agroindustrial, datos que fueron: Potencia instalada y las horas de producción, para determinar cuál es la potencia instalada que conlleva a la generación de un diagrama de carga al día.

### **c). Validez**

Este instrumento fue validado por expertos que conocen el tema en estudio, y por el responsable encargado del área involucrada de la empresa, el cual fue aceptado para su implementación.

### **d). Confiabilidad.**

La confiabilidad según las calificaciones de los expertos fue comprobada mediante el método Aiken, el cual obtuvo un valor del 0.97, siendo el mínimo 0.8, por lo tanto, es posible mencionar que el instrumento presentado en esta investigación es confiable.

## **2.5. Métodos de Análisis de Datos.**

Los datos obtenidos fueron analizados mediante los equipos medidores de energía por horas de uso de la maquinaria, luego tabulados en el programa estadístico SPSS versión 25, y llevados a programa Microsoft Excel para la generación de los gráficos correspondientes para ilustrar mejor los hallazgos.

## **2.6. Aspectos Éticos.**

Esta investigación guarda total compromiso con la empresa y el investigador se compromete a mantener los hechos encontrados en total discreción sin juzgar los resultados como buenos o malos, asimismo se compromete a respetar la propiedad intelectual y las operaciones que se realizan dentro de la empresa.

### III. Resultados.

#### 3.1. Realizar una auditoría energética a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A y calcular la potencia instalada y el diagrama de carga diaria.

De la auditoria Energética, realizada podemos obtener las siguientes medidas de ahorro, Primero la reducción de tamaño de ciertos motores, únicamente analizando la demanda real de Potencia y la Potencial Nominal de funcionamiento óptimo de los principales motores eléctricos de la Planta Materia del Presente Análisis, que nos determina el siguiente cuadro sinóptico:

Tabla 7. Especificaciones técnicas de motores eléctricos

| MOTORES ELÉCTRICOS MODIFICADOS |                         |          |   |
|--------------------------------|-------------------------|----------|---|
| ZONA                           | SUB ZONA                | CANTIDAD | DESCRIPCIÓN   |
| TÚNELES DE MATERIA PRIMA       | TÚNEL N°1               | 1        | UNIDAD CONDENSADORA   |
|                                |                         |          | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 50.7 A<br>VALOR NOMINAL: 64.7 A<br>VOLTAJE: 440<br>CAPACIDAD ANTES 40 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 30 KW    |
|                                | TÚNEL N°2               | 3        | MOTOVENTILADORES UNIDAD CONDENSADORA  |
|                                |                         |          | MARCA: MARATÓN<br>HP: 1 ½<br>VOLTAJE: 440 V<br>AMPERAJE: 3.2 A<br>VALOR REAL: 2.9 A<br>VALOR NOMINAL: 3.2 A<br>HP DESPUÉS: 1 ½        |
| ZONA MATERIA PRIMA             | CÁMARA DE MATERIA PRIMA |          | UNIDAD CONDENSADORA   |
|                                |                         |          | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 26.1 A<br>VALOR NOMINAL: 17.2 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 17 HP<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 12 HP |
| SALA DE PROCESO                | SALA DE PROCESO CLIMA 1 |          | UNIDAD CONDENSADORA   |
|                                |                         |          | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 50.4 A<br>VALOR NOMINAL: 38.7 A<br>VOLTAJE: 440V<br>CAPACIDAD ANTES: 35 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 26 KW  |
|                                | SALA DE PROCESO CLIMA 2 |          | UNIDAD CONDENSADORA   |
|                                |                         |          | MARCA: RUSSELL  |

|                              |                                 |   |   |
|------------------------------|---------------------------------|---|---|
|                              |                                 |   | VALOR REAL: 51.3 A<br>VALOR NOMINAL: 41.5 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 35 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 28 KW                   |
| TÚNEL DE ENFRIAMIENTO        | TÚNEL DE PRODUCTO TERMINADO Nº3 |   | <b>UNIDAD CONDENSADORA</b>  |
|                              |                                 |   | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 80 A<br>VALOR NOMINAL: 49 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 54 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 33 KW     |
|                              | TÚNEL DE PRODUCTO TERMINADO 4   | 1 | <b>UNIDAD CONDENSADORA</b>  |
|                              |                                 |   | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 64 A<br>VALOR NOMINAL: 47 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 43 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 32 KW     |
|                              | PASILLO/ SELLADO                |   | <b>UNIDAD CONDENSADORA</b>  |
|                              |                                 |   | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 17.5 A<br>VALOR NOMINAL: 10.9 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 12 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 7 KW  |
|                              |                                 |   |   |
| CÁMARA DE PRODUCTO TERMINADO | CÁMARA DE PRODUCTO TERMINADO 1  | 1 | <b>UNIDAD CONDENSADORA</b>  |
|                              |                                 |   | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 30.9 A<br>VALOR NOMINAL: 16 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 20 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 10 KW   |
|                              | CÁMARA DE PRODUCTO TERMINADO 2  | 1 | <b>UNIDAD CONDENSADORA</b>  |
|                              |                                 |   | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 41.7<br>VALOR NOMINAL: 20.1<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 28 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 13 KW     |
| DESPACHO                     |                                 | 1 | <b>UNIDAD CONDENSADORA</b>  |
|                              |                                 |   | MARCA: RUSSELL<br>VALOR REAL: 24.7 A<br>VALOR NOMINAL: 17.5 A<br>VOLTAJE: 440 V<br>CAPACIDAD ANTES: 16 KW<br>CAPACIDAD DESPUÉS: 10 KW |

Fuente: Elaboración Propia

Así mismo se han realizado análisis de la calidad del suministro eléctrico, con las siguientes alternativas:

Según Muro 2015 “Complejo Agroindustrial Beta, cuenta con instalaciones eléctricas – electromecánicas en su planta ubicada el Distrito de Olmos; la misma que tiene un suministro de energía eléctrica en Media Tensión 22.9 kV. Actualmente en su sistema



eléctrico requiere ser analizado, a fin de determinar posibles problemas de calidad que podrían afectar a la producción, así como perjudicar el equipamiento electromecánico existente.

Complejo Agroindustrial Beta, ha solicitado los servicios de toma de registros de parámetros de calidad de energía y análisis eléctrico en tablero general 440 V que abastece a su red eléctrica interior, con la finalidad de conocer el comportamiento actual del sistema eléctrico y recomendar soluciones a los problemas de Calidad de Energía en Planta Olmos.”

### **Alcance**

El trabajo de análisis de calidad de energía. Incluye:

Registro de eventos por periodos.

Medición de parámetros eléctricos, tensión, caídas de tensión, sobretensiones con sus respectivos tiempos de duración.

Medición de potencia reactiva.

Informe técnico.

El reporte muestra las conclusiones sobre violaciones a la norma, instalación eléctrica y sobre cada uno de los disturbios de calidad de energía registrados

### **Punto de medición: tablero general 460 v**

Se registran varios eventos de tensión y 13 cambios de tensión rápidos.

Factor de potencia inductivo presenta un valor promedio de **0.798**.

La distorsión armónica total de tensión (%THDU) es de máximo **8.0%**, con mayor presencia de la 11 y 13 armónica. Se adjunta reporte EN50160, en la que se reporta se incumple los niveles de tensión de armónicos. Ver cuadro resume a continuación.

Tabla 8. Sumario de cumplimiento según en50160

| SUMARIO DE CUMPLIMIENTO SEGÚN EN50160         |         |
|---|---------|
| <b>Frecuencia del sistema</b>                 | Pasa    |
| <b>Variaciones de tensión de alimentación</b> | Pasa    |
| <b>Severidad del Flicker</b>                  | Pasa    |
| <b>Desequilibrio de tensión</b>               | Pasa    |
| <b>Tensión de armónicos</b>                   | No Pasa |
| <b>Tensiones de Inter armónicos</b>           | Medida  |
| <b>Señalización</b>                           | No Pasa |
| <b>Huecos</b>                                 | 814     |
| <b>Interrupciones</b>                         | 0       |
| <b>Sobretensiones</b>                         | 0       |

Fuente: Elaboración Propia

### **Variaciones bruscas o rápidas de tensión.**

El IEC describe la fluctuación que tiene el voltaje como variaciones siguiendo un ciclo de la envolvente de voltaje en un determinado número de cambios de voltaje de forma aleatoria de hasta  $\pm 10\%$  de su valor nominal. También al observar las redes de bajo voltaje, se determina que los electrodomésticos cumplen un papel importante pero cada uno de ellos afecta solo a un número limitado de consumidores. Por lo contrario, la fluctuación que se da en las cargas industriales puede afectar a muchos más consumidores y el principal efecto es el parpadeo. Asimismo, los cambios de voltaje escalonados que se genera por la conexión o desconexión de los bancos con grandes cargas de condensadores que caen en la categoría de fluctuación de voltaje.

### **Curvas CBEMA**

Es una curva de aceptabilidad en la potencia que se emplea con mayor frecuencia que ha sido desarrollada en la década de 1970 por la Asociación de Fabricantes de Equipos para Empresas de Computación como guía para la organización en el diseño de fuentes de alimentación. Esta curva se derivó con el fin de describir la tolerancia que tienen los equipos empresariales de computación central a la magnitud y duración de las variaciones de voltaje en sus sistemas de energía. Por otro lado, también tuvo el objeto de señalar formas para proporcionar la confiabilidad del sistema de equipos electrónicos.

Con lo cual la actual Potencia Instalada significativa será de 870 KW y un diagrama de Carga diario típico siguiente:

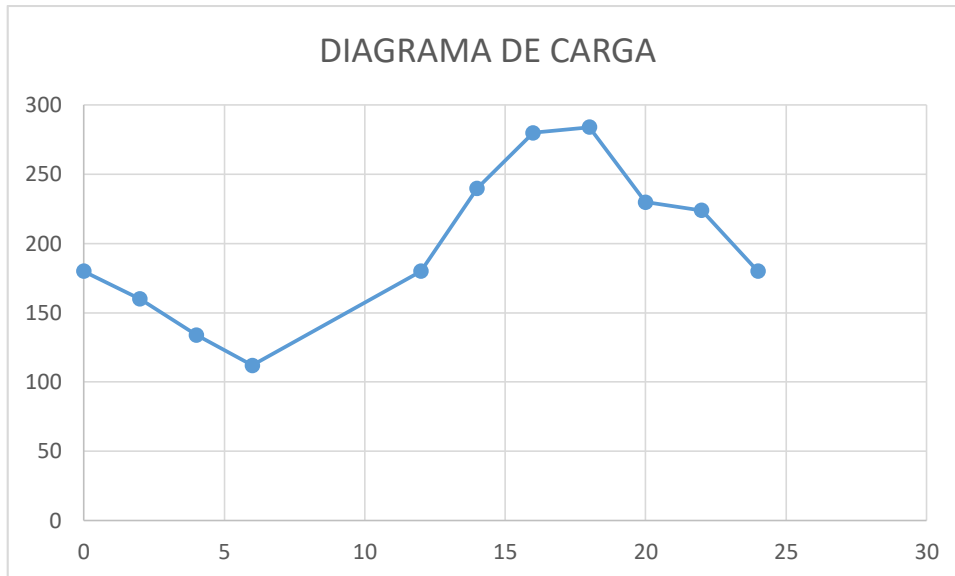


Figura 10: Diagrama de carga actual

### 3.1. Calcular los consumos energéticos de la planta de olmos de la empresa complejo agroindustrial beta S.A. y establecer los indicadores energéticos.

#### Análisis tarifario eléctrico.

El manejo de los conceptos técnicos:

$$\text{Factor de presencia en punta} = \frac{\text{Energía activa en horas punta}}{\text{Nº horas punta del mes} * \text{máxima potencia de horas punta}}$$

$$\text{Cargo por redes de distribución} = \frac{\text{Precio unitario por uso de redes}}{\text{Máxima demanda promedio fuera de punta}}$$

$$\text{Cargo por potencia} = (\text{precio unitario por potencia activa}) * \text{Máxima potencia fuera de horas punta}$$

Se realiza un análisis de las interrogantes técnicas:

¿La capacidad del banco automático de condensadores, o es justificable una ampliación técnica y económica?

¿Cuáles son las acciones técnicas que se debe realizar para que el factor de presencia en punta, siempre sea con valor menor a 0.50 y de esa forma evitar que el valor unitario por potencia activa generada fuera de punta?

¿Cuál es la acción técnica que se debe tomar, para reducir las potencias máximas fuera de las horas punta y mediante eso disminuir el costo por una de las formas de potencia?

¿Cuál es la acción técnica que se debe tomara reducir la demanda promedia máxima y mediante eso disminuir el costo por una de las formas de potencia?

¿Se puede cambiar la tarifa de MT3 a MT2, cual es la acción técnica que se debe realizar y cuál es la inversión estimada?

Tabla 9. Datos de suministro eléctrico complejo agroindustrial beta s.a.

| DATOS DEL SUMINISTRO                  |   | DATOS TÉCNICOS COMERCIALES              |                    |
|---------------------------------------|---|---|--------------------|
| <b>Señores</b>                        | COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A.                   | <b>Tarifa</b>                           | MT3                |
| <b>Dirección Cliente</b>              | CAL. LEOPOLDO CARRILLO NRO. 160-ICA – CHINCHA CHINC | <b>Potencia Conectada</b>               | 1000.000 kW        |
| <b>Fundo</b>                          |   | <b>Potencia Máxima Contratada en FP</b> | 1000.000 kW        |
| <b>R.U.C.</b>                         | 20297939131   | <b>Potencia Máxima Contratada en HP</b> | 1000.000 kW        |
| <b>Sistema Eléctrico</b>              | OLMOS   | <b>Modalidad Facturación</b>            | Potencia Variable  |
| <b>FECHA DE LECTURA Y VENCIMIENTO</b> |   | <b>Código de Alimentador</b>            | S2 SS 4123T        |
| <b>Nro. Recibo</b>                    | 007-1577  | <b>Conexión</b>                         | Aérea              |
| <b>Mes de Facturación</b>             | SET - 2018  | <b>Nroserie Trifásico Nro.</b>          | 02817597 - 4 hilos |
| <b>Fecha de Lectura Anterior</b>      | 01 - SET - 2018                                     | <b>Tensión</b>                          | 22.900 kV          |
| <b>Fecha de Lectura Actual</b>        | 01 - OCT - 2018                                     | <b>Máxima demanda Leída en FP</b>       | 279.9837 kW        |
| <b>Código de Ruta</b>                 | 5010101000054 Ruta Recibo                           | <b>Máxima demanda Leída en HP</b>       | 270.1159 kW        |
| <b>Vencimiento de Contrato</b>        | 20/06/2019  | <b>Máxima Demanda Promedio</b>          | 281.8886 kW        |
| <b>Calificación de Potencia</b>       | 0.5810 Numero de Hora Punta 125                     | <b>Demanda Media HP (Kw)</b>            | 162.7460           |

Fuente: Recibo de Consumo Complejo Beta S.A.

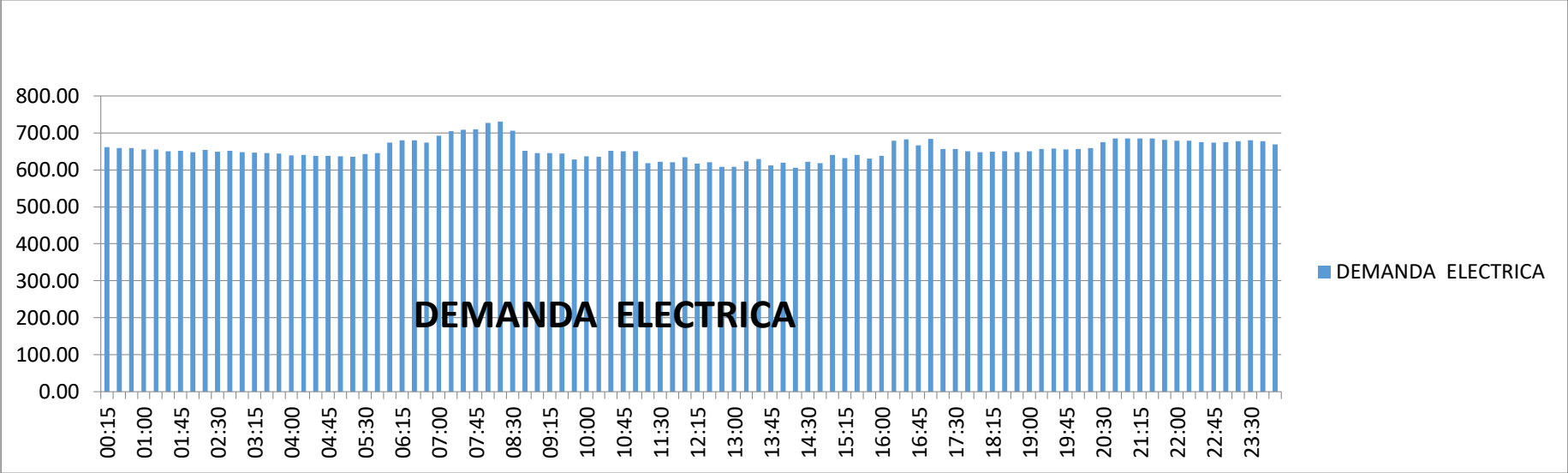
Con lo cual se puede construir los siguientes cuadros de análisis:

Tabla 10. Análisis de elementos de costos de la tarifa eléctrica - suministro 50100047 – Coelvisac

| Periodo        | Potencia Fuera Punta(kw) | Promedio Max Demanda | Factor de Calificación | P.U. Energía Activa HP | Costo Energía Activa HP | P.U. Energía Activa FP | Costo Energía Activa FP | P.U. Energía Reactiva | Costo Energía Reactiva | P.U. Uso Redes Dist FP | Cargo Redes Dist FP | P.U. Pot. Act Gene FP | Cargo Pot. Act Gene FP | Total    |
|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------|
| 2018-09        | 279,980                  | 270,120              | 0,5810                 | 0,2299                 | 4.676,91                | 0,1869                 | 13120,02                | 0,0428                | 1.377,33               | 22,550                 | 6.091,21            | 34,280                | 9597,71                | 82918,47 |
| <b>Periodo</b> | Potencia Fuera Punta(kw) | Promedio Max Demanda | Factor de Calificación | P.U. Energía Activa HP | Costo Energía Activa HP | P.U. Energía Activa FP | Costo Energía Activa FP | P.U. Energía Reactiva | Costo Energía Reactiva | P.U. Uso Redes Dist FP | Cargo Redes Dist FP | P.U. Pot. Act Gene FP | Cargo Pot. Act Gene FP | Total    |
| 2018-08        | 283,790                  | 234,520              | 0,4360                 | 0,2299                 | 3.840,20                | 0,1889                 | 11.718,55               | 0,0428                | 1.246.51               | 21,460                 | 5.032.80            | 29,100                | 8.258,29               | 52960,30 |
| <b>Periodo</b> | Potencia Fuera Punta(kw) | Promedio Max Demanda | Factor de Calificación | P.U. Energía Activa HP | Costo Energía Activa HP | P.U. Energía Activa FP | Costo Energía Activa FP | P.U. Energía Reactiva | Costo Energía Reactiva | P.U. Uso Redes Dist FP | Cargo Redes Dist FP | P.U. Pot. Act Gene FP | Cargo Pot. Act Gene FP | Total    |
| 2017-09        | 277,860                  | 208,350              | 0,3340                 | 0,2120                 | 2.456,58                | 0,1687                 | 7.284,22                | 0,0422                | 534,84                 | 20,510                 | 4.273,26            | 28,440                | 7.902,34               | 28843,25 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11. Diagrama de carga trabajando a plena carga en temporada.



Se pueden establecer los siguientes indicadores de consumos energéticos de plantas que producen Arándanos, Paltas, espárrago, uva, tángalo, mandarina en el Perú y el mundo, por etapa del proceso de producción:

Para el caso del Arándano, rendimientos esperados después de mejoras:

Tabla 12. Rendimientos del arándano

| ÍNDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PRODUCCIÓN KWHR/TM DE ARÁNDANO |          |           |
|--|----------|-----------|
| MES  | PROMEDIO | EMP. BETA |
| ENERO  | 24,56    | 17,19     |
| FEBRERO  | 28,97    | 20,28     |
| MARZO  | 10,43    | 8,87      |
| ABRIL  | 16,98    | 15,28     |
| MAYO   | 28,69    | 18,65     |
| JUNIO  | 32,13    | 20,88     |
| JULIO  | 34,78    | 22,61     |
| AGOSTO   | 133,33   | 86,66     |
| SETIEMBRE  | 135,45   | 88,04     |
| OCTUBRE  | 134,67   | 87,54     |
| NOVIEMBRE  | 132,45   | 86,09     |
| DICIEMBRE  | 132,55   | 86,16     |

Fuente: Consultoría Numes – CENERGIA 2012, Elaboración Propia

Para el caso del Tángulo, rendimientos esperados después de mejoras:

Tabla 13: Rendimientos del tángulo

| ÍNDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PRODUCCIÓN KWHR/TM DE TÁNGULO |          |           |
|---|----------|-----------|
| MES   | PROMEDIO | EMP. BETA |
| ENERO   | 75,56    | 52,89     |
| FEBRERO   | 74,34    | 52,04     |
| MARZO   | 77,45    | 65,83     |
| ABRIL   | 68,45    | 61,61     |
| MAYO  | 67,45    | 43,84     |
| JUNIO   | 68,89    | 44,78     |
| JULIO   | 112,34   | 73,02     |
| AGOSTO  | 110,56   | 71,86     |
| SETIEMBRE   | 109,56   | 71,21     |
| OCTUBRE   | 118,45   | 76,99     |
| NOVIEMBRE   | 109,56   | 71,21     |
| DICIEMBRE   | 110,34   | 71,72     |

Fuente: Consultoría Numes – CENERGIA 2012, Elaboración Propia

Para el caso de la Uva, rendimientos esperados después de las mejoras:

Tabla 14. Rendimientos de la uva.

| ÍNDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PRODUCCIÓN KWHR/TM DE UVAS |          |           |
|--|----------|-----------|
| MES  | PROMEDIO | EMP. BETA |
| ENERO  | 56,67    | 39,67     |
| FEBRERO  | 67,34    | 47,14     |
| MARZO  | 65,44    | 55,62     |
| ABRIL  | 61,00    | 54,90     |
| MAYO   | 61,23    | 39,80     |
| JUNIO  | 56,78    | 36,91     |
| JULIO  | 98,14    | 63,79     |
| AGOSTO   | 87,56    | 56,91     |
| SETIEMBRE  | 96,56    | 62,76     |
| OCTUBRE  | 87,45    | 56,84     |
| NOVIEMBRE  | 98,67    | 64,14     |
| DICIEMBRE  | 96,54    | 62,75     |

Fuente: Informe Consultoría Energía – NUMES – 2012, elaboración Propia

Para el caso de las Paltas, rendimientos esperados después de las mejoras:

Tabla 15. Rendimientos de la palta.

| ÍNDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PRODUCCIÓN KWHR/TM DE PALTAS |          |           |
|--|----------|-----------|
| MES  | PROMEDIO | EMP. BETA |
| ENERO  | 34,56    | 24,19     |
| FEBRERO  | 33,12    | 23,18     |
| MARZO  | 34,34    | 29,19     |
| ABRIL  | 35,89    | 32,30     |
| MAYO   | 34,67    | 22,54     |
| JUNIO  | 33,67    | 21,89     |
| JULIO  | 34,78    | 22,61     |
| AGOSTO   | 33,56    | 21,81     |
| SETIEMBRE  | 34,67    | 22,54     |
| OCTUBRE  | 36,78    | 23,91     |
| NOVIEMBRE  | 35,67    | 23,19     |
| DICIEMBRE  | 34,78    | 22,61     |

Fuente: Informe Consultoría Energía – NUMES – 2012, elaboración Propia

Y de manera agregada:

Tabla 16. Resumen de rendimientos

| ÍNDICES DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PRODUCCIÓN KWHR/TM |          |           |
|--|----------|-----------|
| PRODUCTO   | PROMEDIO | EMP. BETA |
| ARÁNDANO   | 133,33   | 93,33     |
| TÁNGELO  | 112,00   | 63,79     |
| UVA  | 98,14    | 63,79     |
| PALTAS   | 33,67    | 21,89     |

Fuente: Informe Consultoría Cenergia – NUMES – 2012, elaboración Propia



### 3.2. Proponer un plan de mejora energética que incluya el monitoreo de los indicadores energéticos en la planta olmos de la empresa complejo agroindustrial beta s.a.

Las medidas de mejora energética, que se proponen son las siguientes:

. Cambio de los motores eléctricos de la línea de proceso, por motores que se ajusten mejor a la curva de demanda de la máquina que accionan y que gocen de mayor eficiencia, de acuerdo al siguiente detalle y con las consideraciones de monitoreo de los indicadores de eficiencia energética:

Tabla 17. Indicador de medición.

| MOTOR          | POT ANTES -HP | POT DESPUÉS -HP | IND.ANTES<br>KW/TM | – IND.DESPUES KW/TM |
|----------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| COND. TÚNEL 1  | 40            | 30              | 2.36               | 1.94                |
| COND TÚNEL 2   | 40            | 30              | 2.38               | 1.95                |
| UND COND 1     | 30            | 20              | 2.12               | 1.54                |
| PROD TERMINADO | 40            | 30              | 2.34               | 1.86                |
| SELLADO        | 7.5           | 5               | 0.86               | 0.75                |
| CÁMARA 1       | 20            | 5               | 1.87               | 0.67                |
| CÁMARA 2       | 20            | 10              | 1.54               | 0.56                |
| DESPACHO       | 10            | 5               | 0.98               | 0.47                |

Fuente: elaboración Propia

- Cambio de la Tarifa de MT3 a MT2, con las siguientes condiciones:

De:

Tabla 18. Tarifa MT3

| Tarifa mt3 | TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y                               |               |       |
|------------|---|---------------|-------|
|            | <b>CONTRATACION O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P</b>                         |               |       |
|            | Cargo Fijo Mensual  | S./mes        | 6.70  |
|            | Cargo por energía Activa en Punta   | Ctm.S./kw.h   | 24.98 |
|            | Cargo por energía Activa Fuera de Punta                                     | Ctm.S./kw.h   | 20.40 |
|            | <b>Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:</b>               |               |       |
|            | Presentes en Punta  | S./kw-mes     | 53.87 |
|            | Presentes Fuera de Punta  | S./kw-mes     | 26.59 |
|            | <b>Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:</b>    |               |       |
|            | Presentes en Punta  | S./kw-mes     | 12.77 |
|            | Presentes Fuera de Punta  | S./kw-mes     | 12.52 |
|            | Cargo por Energía Reactiva que excede el 30% del total de la Energía Activa | Ctm.S./kVar.h | 4.28  |

Fuente: elaboración Propia

A:

Tabla 19. Tarifa MT2.

| TARIFA MT2 | TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y                               |               |       |
|------------|---|---------------|-------|
|            | <b>CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E2P</b>                         |               |       |
|            | Cargo Fijo Mensual  | S./mes        | 6.70  |
|            | Cargo por energía Activa en Punta   | Ctm.S./kw.h   | 24.98 |
|            | Cargo por energía Activa Fuera de Punta                                     | Ctm.S./kw.h   | 20.40 |
|            | Cargo por Potencia Activa de Generación en HP                               | S./kw-mes     | 57.84 |
|            | Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP                             | S./kw-mes     | 12.05 |
|            | Cargo por exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP                  | S./kw-mes     | 12.29 |
|            | Cargo por Energía Reactiva que excede el 30% del total de la Energía Activa | Ctm.S./kVar.h | 4.28  |

Fuente: elaboración Propia

### 3.3. Evaluar la viabilidad del plan de mejora energética atreves de los indicadores económico – financieros VAN y TIR.

La evaluación se realizará mediante el análisis comparativo de los ahorros energéticos obtenidos con la implementación del Plan de mejora energética, es decir todos los ahorros en Potencia, Energía en Horas Punta y en Horas Fuera de Punta, mejor plan tarifario, menor energía reactiva etc., comparado con toda la inversión necesaria, para realizar los cambios, tanto costos de suministro, como costos de montaje y supervisión

Se plantea un ahorro conjunto de S./ 7,000.00 al mes o S./ 84,000 al año, durante un periodo de 5 años (Igual a la vida útil económica de las modificaciones a efectuarse), con un valor de recupero igual a cero, por ser elementos de alta tecnología

En cuanto al Presupuesto por cambio de Motores eléctricos más eficientes , para los más de 20 Motores Eléctricos a cambiarse , que van desde motores de 30 HP , hasta motores de 5 HP, de acuerdo a los precios de mercado consultados , tanto para suministro , como para montaje ( Incluye Mano de obra , gastos menores de instalación , alquiler de maquinaria , seguros , gastos administrativos , gastos indirectos , depreciaciones , amortizaciones y otros tenemos )

Tabla 20. Optimización de eficiencia energética.

**PRESUPUESTO DE MODIFICACIONES PARA OPTIMIZAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN   | CANTD | P. UNI    | P.PAR     | TOTAL   |
|------|---|-------|-----------|-----------|---------|
| 01   | Suministro de Motores eficientes, variadores, Condensadores Reactivos | 1     | 77,650.00 | 77,650.00 |         |
| 02   | Montaje de Equipos  | 1     | 43,456.00 | 43,456.00 |         |
| 03   | Sistema de Control Automatizado - PLC                                 | 1     | 15,670.00 | 15,670.00 |         |
|      | COSTO DIRECTO   |       |           |           | 136,776 |
|      | COSTO DE SUPERVISION  |       |           |           | 6,500   |
|      | G.G + UTILIDAD  |       |           |           | 27,355  |
|      | COSTO SIN IGV   |       |           |           | 170,631 |
|      | IGV   |       |           |           | 30,716  |
|      | COSTO TOTAL   |       |           |           | 201,347 |

Fuente: elaboración Propia

**Se trabajará con los siguientes criterios:**

Vida útil económica de la Máquina: está determinado por 5 años de utilidad, considerándose tecnología obsoleta de sus componentes electrónicos de control a distancia. Incluye el costo de depreciación.

Tasa de Descuento: asumiendo que el financiamiento de la inversión es 100% préstamo de una entidad bancaria, se considera la oferta y demanda de dicho bien (curvas IS-LM) y los riesgos de inversión, se tiene un 15% anual.

No se tienen en cuenta el valor residual de la maquinaria al finalizar su vida útil, y se opta por hechos como determinísticos, que determina el siguiente flujo de caja:

Flujo de Caja a 5 Años, con un Costo Ponderado de Capital, equivalente al 10 %, sin valor residual de recupero, determinístico es decir varianza cero, no se realiza análisis de sensibilidad:

Tabla 21. Ingresos/egresos.

|          | Año 0       | Año 1     | Año 2     | Año 3     | Año 4     | Año 5     |
|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| INGRESOS |             | 84.000,00 | 84.000,00 | 84.000,00 | 84.000,00 | 84.000,00 |
| EGRESOS  | 201.347,00  | 10.067,35 | 10.067,35 | 10.067,35 | 10.067,35 | 10.067,35 |
| NETO     | -201.347,00 | 73.932,65 | 73.932,65 | 73.932,65 | 73.932,65 | 73.932,65 |

Fuente: elaboración Propia

Obteniéndose los siguientes indicadores Financieros, con los cuales evaluaremos la viabilidad económica – Financiera de los cambios y mejoras efectuados en la maquina

Tabla 22. Valores de VAN y TIR.

|            |                   |             |            |
|------------|-------------------|-------------|------------|
| <b>VAN</b> | <b>117.079,09</b> | <b>TASA</b> | <b>0,1</b> |
| <b>TIR</b> | 24,39%            |             |            |

Debemos de tener en cuenta las definiciones de VAN (Valor actual Neto), como:

$$VAN = \sum (I_i - E_i) / (1 + i)^N, \text{ de donde:}$$

$I_i$  = Ingreso del Periodo iesimo

$E_i$  =Egreso del Periodo iesimo

$I$  = Costo del CAPEX

$N$  = Numero de Periodos

CAPEX = Capital para mejoras

Y la definición de TIR (Tasa Interna de Retorno Económica), como:

$$VAN = 0 = \sum (I_i - E_i) / (1 + tir)^N$$

#### **IV. Discusión**

Paredes (2018) manifiesta que ESCO se dedica a la recuperación de maquinaria desgastada, mediante la reparación y restauración para aumentar su vida útil de dichas estructuras, esta investigación busca mejorar el sistema de gestión con base en la norma ISO 50 001 y el impacto que tiene para reducir costos de energía, usando una recopilación preliminar mediante una ficha de observación de la factura eléctrica, haciendo un recorrido por las instalaciones, realizando mediciones, evaluaciones de registros, identificaciones de oportunidad de mejora para la realización de una evaluación técnico económica de las soluciones posibles y su beneficio costo y retorno de inversión, en tal sentido se manifiesta que se está de acuerdo con lo establecido en dichos procedimientos de calidad ya que la única forma de generar un control y concientizar a los usuarios con respecto al consumo de energía eléctrica es dejar bien en claro lo estipulado en las normas de calidad vigentes como la es el ISO 50001 en el uso de métodos compactos para la reducción del consumo energético mejorando el estándar de calidad energética.

Guedes y García 2018 en su diagnóstico de sistema eléctrico de un hotel, mencionan que las cargas que tienen un mayor consumo eléctrico son los sistemas de calentamiento de agua, incluyendo a las fresadoras eléctricas. Y debido a estos altos consumos eléctricos es necesario tener un control de las operaciones de carga para lograr una eficiente gestión estratégica, explicado de otro modo que para tener un mejor diagnóstico del uso no eficiente de la energía eléctrica en ambientes ya sean en edificaciones o de manera industrial es tener en cuenta un inventario de todos los equipos eléctricos que actúan en dicho lugar para así poder determinar qué sistema eléctrico presenta mayor consumo eléctrico y así poder determinar por qué está consumiendo energía de esta manera, realizar un análisis detallado de cómo se puede mejorar o como poder disminuir dicho consumo equilibrando de esta forma las distintas cargas a alimentar y de esta manera poder tener un consumo eficiente no cambiando el índice de producción ni disminuir la misma, en tal sentido se manifiesta que se está de acuerdo con lo citado ya que de una u otra se quiere optimizar el consumo de energía eléctrica para de esta manera poder disminuir económicamente lo consumido sin perder el índice de producción ni la producción misma.

Los variadores de velocidad también se están convirtiendo en un método rentable para reducir el consumo de energía del sistema accionado por motor en aplicaciones de carga variable.

La eficiencia energética se ha convertido en un objetivo importante para las empresas industriales. Sin embargo, Krones y Müller, (2017) menciona la necesidad de enfoques sistemáticos aún está presente y tiene el objeto de reducir el índice de consumo de energía eléctrica en las grandes fábricas mediante métodos existentes centrados en optimizar el proceso de la fabricación. También se basa en el análisis numérico que detalla el proceso necesitando grandes esfuerzos en la fase de recolección de datos. Por lo tanto, se desarrolló un enfoque para reducir el consumo de energía al proporcionar medidas de eficiencia energética a los participantes en la planificación de la fábrica para superar estas barreras.

En los últimos años, la eficiencia energética de la central térmica contribuye en gran medida a la de la industria. Entre los factores influyentes que se tiene como el establecimiento de modelos de diagnóstico integral, desempeña un importante papel en la gestión energética mejorando la eficiencia en la operación de las centrales térmicas (Jing & Xiao, 2017). Para testificar la racionalidad y la usabilidad del MDL, se han realizado estudios de caso de centrales térmicas chinas a gran escala. Este método muestra factores de índole cualitativa y muestra resultados los cuales, al ser comparados con los modelos convencionales, la cual solo se considera algunos parámetros en la ejecución, el CDM se adapta mucho mejor a la realidad, y proporciona mejores instrumentos para diagnosticar la eficiencia energética.

Asimismo, el costo de las tecnologías avanzadas en los motores puede alejar a los usuarios finales ya que no consideran el retorno de inversión a un lejano plazo de acuerdo al ciclo de vida. La evaluación se realizará mediante el análisis comparativo de los ahorros energéticos obtenidos con la implementación del Plan de mejora energética, es decir todos los ahorros en Potencia, Energía en Horas Punta y en Horas Fuera de Punta, mejor plan tarifario, menor energía reactiva etc., comparado con toda la inversión necesaria, para realizar los cambios, tanto costos de suministro, como costos de montaje y supervisión. Se plantea un ahorro conjunto de S./ 7,000.00 al mes o S./ 84,000 al año , durante un periodo de 5 años ( Igual a la vida útil económica de las modificaciones a efectuarse ) , con un valor de recupero igual a cero , por ser elementos de alta tecnología.

## V. Conclusiones

- Se realizó una auditoría energética a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A para lo cual se determinó que se registran varios eventos de tensión y 13 cambios de tensión rápidos, Factor de potencia inductivo presenta un valor promedio de 0.798, La distorsión armónica total de tensión (%THDU) es de máximo 8.0%, con mayor presencia de la 11 y 13 armónica teniendo como Potencia Instalada un valor que asciende a 870 KW.
- Se determinó los consumos energéticos de la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A estableciendo para estos distintos índices de consumo de energía eléctrica por producción como lo es el Arándano con un promedio de 133,33 KWHR/TM, el tangelo, la uva y la palta teniendo esta última un promedio de 33,67 KWHR/TM.
- Se estableció un plan de mejora energética incluyendo para ello el monitoreo de los indicadores energéticos en la Planta Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A establecidos para la producción de Arándano, Tangelo. La Uva y la palta, estableciendo para ello un cambio de la tarifa MT3 a la tarifa MT2.
- Se determinó un presupuesto para realizar las modificaciones para obtener la optimización de la eficiencia energética en Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A, siendo para ello S/. 201,347.00 soles, teniendo un VAN igual a 117,079.09 y un TIR del 24.39%.

## **VI. Recomendaciones**

- Se debe tener en cuenta los cálculos realizados para la auditoria energética a la Planta de Olmos de la empresa Complejo Agroindustrial BETA S.A teniendo en cuenta que se está trabajando con un factor de potencia inductivo con un valor de 0.798 u una Potencia Instalada con un valor que asciende a 870 KW.
- Se recomienda tener en cuenta los índices de consumo de energía eléctrica por producción ya que esto servirá para la determinación de los índices energéticos por producción y por ende el índice energético total que se tendrá mensual y anual.
- Al establecer un plan de mejora energética se manifiesta que, si es posible mejorar los Indicadores energéticos de consumo de la Empresa Beta en su planta de Olmos, con el reemplazo de motores de dimensiones más adecuadas a las demandas y con mayores eficiencias de funcionamiento, consiguiendo un ahorro energético con el cambio de Tarifa de MT3 a MT2, para lo cual hay que invertir en un nuevo medidor electrónico
- Se recomienda la implementación del presente proyecto de investigación con monto que asciende a la suma de S/. 201,347.00 soles, ya que este dentro de su evaluación económica muestra unos índices económicos positivos y aceptables indicando de esta manera que la presente es VIABLE y RENTABLE



## Referencias

- Paredes Sánchez , Jorge Luis. 2018.** *DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTION ENERGETICA EN BASE A LA ISO 50001 Y SU INFLUENCIA EN LOS COSTOS EN EL TALLER ESCO SRL, CAJAMARCA- 2018.* Cajamarca : s.n., 2018.
- Análisis de indicadores de desempeño energético del Ecuador.* **Guayanlema, Verónica, Fernández, Luis y Arias, Karla. 2017.** 2, Diciembre de 2017, ENERLAC, Vol. 1.
- Castellón, Reiniel Leonardo Mederos. 2008.** *Análisis del Consumo de Portadores Energéticos en el Hospital Docente Gineco-Obstétrico Mariana Grajales.* Santa Clara : s.n., 2008.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2018.** *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia.* Ciudad de México : s.n., 2018.
- Crusher, Stone. 2019.** vakantiehuis-burg-reuland-ardennen. [En línea] 2019. <https://www.vakantiehuis-burg-reuland-ardennen.nl/17808-1179256190.html#>.
- Eficiencia energética.* **Serna, Carlos Alberto. 2017.** Medellín : s.n., Enero de 2017, CIER.
- Guedes García, Darién. 2018.** *Acciones para mejorar la gestión energética en el Hotel Los Pinos.* Santa Clara : s.n., 2018.
- Martinez , Lloret Mario. 2018.** *Optimización energética del centro escolar Jesús-María Villaframqueza .* Valencia : s.n., 2018.
- Martínez Lloret, Mario. 2017.** *OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL CENTRO.* Valencia : s.n., 2017.
- Ministerio de Energía y Minas. 2019.** *PLAN REFERENCIAL DEL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA 2009 - 2018.* 2019.
- Monga Sánchez, Diego Paúl. 2018.** *EVALUACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO EN LAS.* Latacunga : s.n., 2018.
- Osinermin. 2016.** *La industria de la Electricidad en el Perú.* Lima : s.n., 2016.

**Oykos. 2012.** Oykos. *Eficiencia energética*. [En línea] 2012. <http://oykos.es/eficiencia-energetica.html>.

**Restrepo Velásquez, José Alejandro y Aguilar Roldán, José Amado. 2008.**  
*Estimación del sobredimensionamiento en motores y consumo de energía eléctrica en el parque industrial Sumicol Sabaneta*. Medellín : s.n., 2008.

**Rojas Castro, Ramón Esteban. 2007.** *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE TALCA*. Curicó : s.n., 2007.

**SUDESCO. 2015.** Sudesco. [En línea] EXE, 2015.

**TECSUP. 2016.** *EFICIENCIA ENERGÉTICA*. 2016.